

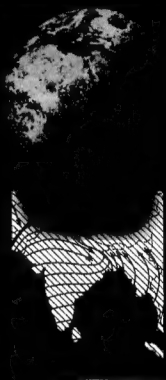
دكتور صلاح الدين بحيري
أستاذ الجغرافيا بجامعة قطر

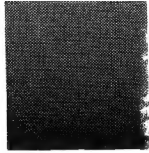
دار الفكر
دمشق - سورية



دار الفكر المعاصر
بيروت - لبنان

مبادئ
الجغرافيا الطبيعية





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مبادئ:
التغذية الطبيعية

دكتور صلاح الدين بخيري
أستاذ الجغرافيا بجامعة قطر

مبادئ الجغرافيا الطبيعية

دار الفکر
دمشق - سورية

دار الفکر المعاصر
بيروت - لبنان



الرقم الاصطلاحي: ٠٤٥٦, ٠١١
الرقم الدولي: 1-57547-323-2 ISBN:

الرقم الموضوعي: ٩٦٠

الموضوع: جغرافية عامة

العنوان: مبادئ الجغرافية الطبيعية

التأليف: صلاح الدين بحيري

الصف التصويري: دار الفكر - دمشق

التنفيذ الطباعي: المطبعة العلمية - دمشق

عدد الصفحات: ٣٢٠ ص

قياس الصفحة: ٢٥×١٧ سم

عدد النسخ: ١٠٠٠ نسخة

جميع الحقوق محفوظة

يمنع طبع هذا الكتاب أو جزء منه بكل طرق

الطبع والتصوير والنقل والترجمة والتسجيل

المرئي والمسموع والحاسوبي وغيرها من الحقوق

إلا بإذن خطي من

دار الفكر بدمشق

برامكة مقابل مركز الانطلاق الموحد

ص.ب: (٩٦٢) دمشق - سورية

برقياً: فكر

فاكس ٢٢٣٩٧١٦

هاتف ٢٢١١١٦٦، ٢٢٣٩٧١٧

<http://www.Fikr.com/>

E-Mail: Info @Fikr.com

إعادة

١٤١٧ هـ = ١٩٩٦ م

ط١: ١٩٧٨

مقدمة

تجنح الدراسات الجغرافية في الوقت العاصر لاتباع منهج كمي احصائي صيغ كافة مجالات البحث في معظم مدارس الجغرافيا حول العالم ، تلك سنة هذا العصر التي حلت بالدارسين لأن يتخلوا من الرقم والمتعنى البياني والمعادلة الرياضية لفة لهم ، لندسم الحقائق الجغرافية التي يتوصلون اليها من خلال دراساتهم لرقاع مجهرية من سطح الارض ، او لقطاعات ضيقة محدودة من المركب الجغرافي المعقد الذي يتالف من عشرات الظواهر المتشابهة على هذا السطح . ومن ثم أصبح الجيل الجديد من الجغرافيين ينظر الى الجيل السابق على أنه جيل تقليدي ، لا يأخذ مثلهم بلغة العلوم الحديثة ، لغة الرمز والمعادلة والاحصاء ، غير أن نتائج البحث في كلتا العاليتين تكاد تكون متطابقة ، حتى ليقصر الفرق بين الأمس واليوم على مجرد اسلوب المعالجة ووسائلها ، فهي اليوم أكثر اناقة وإيحاء بالدقة التي يبعثها الرقم في نفس القارئ او الباحث .

ولكن اذا كان هذا الاتجاه الحديث امرا محمودا فيما يتعلق بالدراسات المتخصصة ، والإبحاث المتعمقة ، فإن ارساء قواعد المعرفة الجغرافية العامة لدى المبتدئين شيء جدير بكل اعتبار ، لذلك ما يرحت كل مدارس الجغرافيا تعلم طلابها في مراحلهم الأولى شيئا من مبادئ الجغرافيا العامة ، في المجالين الطبيعي والبشري ، على نفس النسق الذي كان قائما منذ عشرات السنين ، وسوف يستمر هذا الاتجاه ويبقى مهما تطورت أساليب البحث ، ومهما تقلبت مناهجه . وتطالعنا مطالع الغرب بين الحين والآخر بكتب تعالج تلك الجوانب في مقدمات تعرض نفس المعلومات الدارجة بوسائل مستحدثة .

من هذا المنطلق فإنه لا غنى عن المنهج الوصفي التعليلي وتطويره حتى يمكن إيصال المعرفة الجغرافية العامة للالذهان الناشئة ، قبلون الاسس والقواعد لا يمكن أن ينهض الصرح ، أو تستقر الأصول عند المستجدين من طلاب المادة ، والكتاب الذي بين أيدينا الآن يعالج تلك الاسس بشيء من الاقتضاب ، وقد وضع لكي يستفيد منه الطالب كبرنامج عام ، سواء تخصص في الجغرافيا بعد ذلك أو لم يتخصص . ورغم الجهود المشكورة التي

بذلك بعض الزملاء في هذا المجال ، فما زال بالكتابة الجغرافية العربية متسع لاستيعاب مثل هذا الكتاب ، على الأقل مجرد تنوع المصادر أمام القارئ في ميدان الجغرافيا الطبيعية .
وغني عن البيان القول بأن الجغرافيا الطبيعية مادة تقوم على شرح الحقائق العلمية، مما يستدعي من الطالب بذل المزيد من الجهد في استيعاب تفصيلاتها ، لذلك كان لا بد من أن يكتب المتن بأسلوب سهل مشوق ، كما شفع السياق في المواضع المناسبة بأشكال توضيحية تعين القارئ على فهم فحواه . ولا ندعي أننا قد احطنا بكل أسس المادة ، أو أننا قد جمعنا العلم من أطرافه ، فهناك موضوعات كثيرة مما يدخل عادة ضمن إطار الجغرافيا الطبيعية ، رؤي عدم الغوص فيها ، أما تجنبنا لتضخم حجم الكتاب وتجاوزه للمقنن الزمني المقروض لهذا المساق ، أو لكون بعض الموضوعات مما يدرس بتفصيل أكثر في برامج أعلى من مستوى المبادئ . فعلى سبيل المثال يتعرض الكتاب لعناصر الطقس والمناخ فحسب ، دون معالجة التصنيفات المناخية المختلفة ، وما يتمخض عنه كل تصنيف من تقسيم للعالم الى أقاليم مناخية خاصة . كذلك الحال بالنسبة لموضوع التربة والنبات ، فقد اكتفينا في معالجتها بذكر شيء عن العموميات الشاملة ، أما التفصيل فمن شأن دراسات أكثر استفاضة وتحليلاً .

سوف يتضح للقارئ أننا استعنا بكثير من المصادر العربية والاجنبية التي تعالج نفس موضوعات هذا الكتاب ، وقد آثرنا عدم ذكر هذه المصادر في العواشي نظراً لأن المادة المستقاة منها هي من قبيل المعلومات « المدرسية » المبثوثة ، التي ليس فيها من الاصاله ما يحتم ذكر المصدر . ولا يقتصر هذا على المتن فحسب ، بل أن معظم الاشكال قد نقلت عن هذه المصادر بشيء من التصرف . وشفيعنا في هذا كله أن مواضيع الكتاب كانت محاضرات ألقيت على طلاب بداية المرحلة الجامعية لعدة سنوات ، وتم تجميعها وتنسيقها لتظهر بهذه الصورة ، آمليين أن تكون أشمل إفادة للطلاب والقارئ العادي على حد سواء .

أود هنا أن أوجه الشكر للسيد يوسف عبيد رسام قسم الجغرافيا بالجامعة الأردنية على تقضله برسم معظم أشكال الكتاب ، وكذلك السيد محمود آدم الذي أسهم برسم بعض الاشكال ، كما قامت مشكورة الأنسة منى أبو الفيلات سكرتيرة قسم الجغرافيا بالجامعة الأردنية بكتابة مسودة المتن على الآلة الكاتبة .

أسأل الله التوفيق والسداد .

دكتور صلاح الدين بحري

عمان في ١٩٧٦/١٢/٢٥

الفصل الأول

الأرض وعلاقتها بالمجموعة الشمسية

يعيش الانسان في حيز محدود للغاية من كوكبنا الأرضي ، حين لا يعدو كونه قشرة رقيقة جداً من سطحها الخارجي ، وهو حيز يغلفه غشاء غازي هو الهواء اللازم لكافة صور الحياة ، ولكن حتى هذه القشرة الخارجية ، ليست بأكملها بيئة صالحة لمعيشة الانسان ، فالانسان انما يدرج على قطع متفرقة من سطح الكرة الأرضية لا تشكل مجتمعة سوى كسر ضئيل من مجموع مساحة هذا السطح البالغ ٥١٠ مليون كيلومتر مربع ، وذلك في أجزاء تبرز فوق المستوى العام للغلاف المائي من محيطات وبحار كبرى ، أي أن هذه الأجزاء تعد بمثابة جزر متناثرة في اللجة نطلق عليها اسم القارات .

والواقع أن الانسان ربما استطاع أن يتجاوز السطح الخارجي لهذه القشرة حينما حفر فيها الأنفاق العميقة ليستخرج مكنون الباطن من معادن ومواد ذات نفع له ، كذلك ربما استطاع الانسان بما يملك من وسائل أن يتجاوز القشرة الخارجية في اتجاه مضاد مستخدماً الغلاف الغازي المحيط بكوكبنا في أسفاره ، ولكن مع هذا ظل الانسان عالماً بسطح الأرض وقشرتها الخارجية ، فأعرق أنفاق المناجم المستقلة اقتصادياً في الوقت الحاضر لا يتجاوز بعده ثمانية كيلومترات تحت السطح ، بينما أعلى المستويات التي يستخدمها الانسان في حركته بعيداً

عن السطح هي في حدود خمسة وأربعين كيلومترا وذلك في الطيران العالي - بغض النظر طبعاً عن تجارب مركبات الفضاء حالياً .

بمعنى آخر فإن الحيز الفعلي لنشاط الانسان يكاد يكون محصوراً في نطاق سمكه أكثر قليلاً من خمسين كيلومترا حول سطح هذا الكوكب ، وهو الحيز الذي يغيره الانسان ويتعامل معه بطريقة مباشرة ، ولكن مع هذا فإن استمرار الجهود بالتعمق أكثر فأكثر نحو باطن الارض ، أو بالبعد أكثر فأكثر عن سطحها بالتعمق في الفضاء ، هذه الجهود المتواصلة الدائمة تنمي باستمرار الحيز العيوي ل مجال نشاط الجنس البشري ، وتزيد من فرص الاستغلال والانتشار في اتجاه رأسي ، وفي هذا تكرار لما فعله الانسان من قبل ولكن في اتجاه آخر ، فمما أقدم العصور تمكن الانسان من توسيع مجال حركته ومد حيز معيشته أفقياً بالانتشار على سطح الكرة ، واستكشاف أرجائها التي ظل بعضها مجهولاً لنا حتى الآن . ولكن بالرغم من هذه المحاولات الناجعة ظلت البيئة التي يعيش الانسان في كنفها محدودة بحدود صغير ، فيه تتركز المصادر الحيوية الحية من الملكتين النباتية والحيوانية ، فضلاً عن المصادر الأخرى غير الحية من معادن وأملاح وسوائل وغيرها .

أحد مرامي علم الجغرافيا الهامة هو تصوير هذه البيئة المحدودة التي تضم الانسان ، وتبيان العلاقات المتبادلة بين عناصرها وبينه ، هذه البيئة التي تضم العديد من العناصر المتشابهة ، بعضها طبيعي كالماء والارض والهواء والتربة والحياة النباتية والحيوانية والمعادن ، أو بمعنى آخر هي جميع العناصر الطبيعية باستثناء الانسان نفسه . وبعضها من صنع البشر كمراكز العمران ، وشرابيين المواصلات البرية والحديدية ، والمزارع والمصانع ، وكل ما استحدثه الانسان على سطح هذه الارض من معالم .

ويحسن أن نشير هنا الى أن الانسان قد تعلم فتمكن من أحداث تغييرات مختلفة في بعض عناصر البيئة لتلائم بطريقة أفضل أغراض

حياته ، من ذلك مثلا ما أحدثه من تغيير في المملكة النباتية والحيوانية حينما استأنس بعض أفرادها وهجن البعض الآخر لخدمة أغراضه في الحصول على موارد ثابتة لغذائه ، كذلك اكتشف الانسان الري كوسيلة للزراعة فحول المياه من الأنهار أو الأعماق الى حقوله ومزارعه ، وحصل على الوقود والطاقة من الخشب والفحم والزيوت . ولكن مع هذا فان بعض العناصر الطبيعية ما زالت بعيدة عن متناوله ، تحد من نشاطه وتفرض عليه اطارا معلوما على الأقل في مراحل تاريخية حسب قدراته ومعرفته وتطور وسائله وعلومه ، فعلى الرغم من أن الانسان تمكن من استغلال الجو في الملاحة وأعمال النقل ، فانه لا يستطيع أن يحيا في الهواء الى ما لا نهاية ، اذ لابد أن يعود هابطا مرة أخرى الى سطح الأرض . معنى ذلك أن الانسان قد تمكن من تعديل أو تحويل بعض العناصر الطبيعية لبيئته بدرجات متفاوتة ، ولكن بالرغم من هذا ظلت بعض العناصر الاخرى لم يتناولها بالتغيير ، حتى ليتمكن القول بأنه ما زال يخضع لها خضوعا تاما ، وتلك أمور شغلت بال الجغرافيين ردحا طويلا من الزمان .

الامام الرئيسية لكوكب الأرض

يركز علم الجغرافيا بشتى فروعه بؤرة اهتمامه على الأرض ، وبصفة خاصة سطحها الخارجي وما عليه ولكن لما كان الانسان في سعي دائم لاستكشاف الفضاء المحيط بكوكبه ، في محاولة لزيادة الفهم بالعناصر المؤثرة في بيئته ، وفي نفس الوقت لتوسيع حيز هذه البيئة ، فانه من المفيد في دراستنا الراهنة الامام بموقع الأرض من هذا الفضاء ، خاصة في نطاق المجموعة الكوكبية التي تنتمي اليها ، ونعني بذلك المجموعة الشمسية . فعلى الرغم من أن الكرة الأرضية تبدو لنا شيئا هائلا عظيم الأبعاد ، رحيب السطح ، فانها في الواقع ليست الا فردا متواضعا من أفراد المجموعة الشمسية ، وفي الوقت نفسه فان النجم الأعظم الذي تتمركز حوله كل هذه المجموعة ، ونعني بذلك الشمس ،

فانها وما يتبعها من كواكب سيارة وتوابع ممثلة في الاقمار ، ليست سوى احدى المجموعات النجمية التي لا تحصى ، والتي يزخر بها فضاء الكون الرحيب .

الشمس

جسم غازي كروي جسيم ، يبلغ حجمه نحو ١٣ مليون مرة حجم الكرة الارضية ، ولكي نتخيل أبعاد كتلتها الهائلة ، فاننا اذا فرضنا وكانت الشمس كرة جوفاء ووضعت الارض بداخلها في موضع المركز لكان بعد سطح الارض عن سطح الشمس نحو ٦٩٥٠٠٠ كيلومترا ، أو بمباراة أخرى فان القمر سوف يقع في منتصف المسافة تقريبا بين سطح الارض وسطح الشمس من الداخل ، ويبلغ قطر الشمس ١٣٨٠٠٠٠ كيلومترا . وبرغم هذا الحجم الهائل ، فالشمس نجم متواضع الكتلة ، بالقياس الى معظم النجوم العملاقة ، وتتم الشمس دورتها حول نفسها مرة كل شهر واحد تقريبا .

والشمس هي النجم الوحيد المضيء من تلقاء نفسه في مجموعتنا الشمسية ، فهي مصدر الضوء والحرارة لبقية أفراد المجموعة المكونة من كواكب معتمة . ويعتقد بأن الطاقة الحرارية للشمس مصدرها تحول جزئيات الهيدروجين الى هيليوم بمعدل أربعة ملايين طن في الثانية ، وتقدر حرارة السطح الخارجي للشمس بنحو ٧٠٠٠ م ، وهذا السطح هو مصدر الطاقة الجبارة التي تستمد منها الكواكب ضوءها وحرارتها ، ولهذا فان مبلغ ما يلتقاه كل كوكب من هذه الطاقة يتوقف على حجمه وبعده عن الشمس ، وحركته ، وطبيعة مكوناته ، وما يحيط به ، ولهذا كان حجم الارض وموقعها من المجموعة الشمسية وحركتها حول نفسها من ناحية ، وحول الشمس من ناحية أخرى ، ثم طبيعة غلافها الغازي ، كلها أمور ذات أهمية بالغة في تحديد نوعية بيئتها الطبيعية ، ومن ثم كانت أهميتها لدارس الجغرافيا .

الكواكب

يدور حول الشمس في مدارات دائرية تقريبا تسعة كواكب سيارة ثابتة البعد عن الشمس بفضل قوتين متعارضتين الاولى هي قوة الجاذبية Gravitational attraction والثانية قوة الطرد المركزية centrifugal force ،

قوة الجاذبية

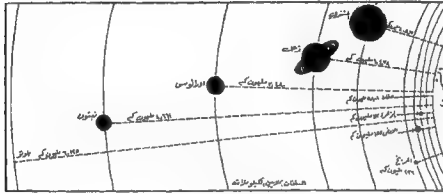
تخضع جميع كواكب المجموعة الشمسية لقوة جذب لا فكاك منها ، لوقوعها في مجال جاذبية الشمس ، هذه القوة هي التي تحفظ الكواكب من أن تتبعش في الفضاء هائمة بغير ضابط ، أثناء دورانها في أفلاكها . نفس قوة الجاذبية التي تفرضها الارض أيضا هي التي تحفظ القمر في موضعه في مدار مرسوم حول الارض ، بدلا من أن يطير في الفضاء في مسار عشوائي كذلك الذي تتبعه بلايين الشهب الهائمة .

وقوة جاذبية الارض شيء ملموس لنا ، فمياه البحار ، والصخور السائبة ، والاجسام المتحركة - ومنها الانسان أيضا - تبقى على ظهر الارض بفضل هذه القوة ، التي لولاها لما أمكن للارض أن تحتفظ بشيء مما على أديمها . ولما كان كل جزئين من المادة يتجاذبان بمعدل مساو لكتلة كل منهما ، ومربع المسافة بينهما ، فان الشمس التي تكبر كتلتها الارض بأكثر من مليون مرة ، فضلا عن كتلة باقي الكواكب ، لتجذب هذه الكواكب نحوها ، ولكن الكواكب بدلا من أن تهوي الى سطح الشمس تبقى في أفلاكها ، بفضل القوة الاخرى ، ونعني بها قوة الطرد المركزية .

قوة الطرد المركزية

هذه القوة بعكس ما سبق ، تسبب تطاير الاجسام بعيدا عن مركز حركة الدوران لأي شيء يدور بسرعة حول نفسه ، تماما كما يحدث لحبات السكر في آلة صنع غزل البنات . ولما كانت الكواكب اجساما سيارة ، تدور حول الشمس ، فانه ينتج عن هذا الدوران قوة طرد كبيرة

تدفع بها بعيدا عن مركز المجموعة ، أي بعيدا عن الشمس . ولكن نتيجة لتصادم وتبادل قوة الطرد هذه مع قوة الجاذبية التي تفرضها الشمس على جميع كواكب المجموعة ، فان الكواكب تحتفظ بأوضاعها النسبية حول الشمس . وبعبارة أخرى لو فاقت قوة الطرد قوة الجذب ، لتبعثرت الكواكب في الفضاء ، كما أن قوة جذب الشمس لو كانت أقدر من قوة الطرد ، لالتصقت الكواكب بسطح الشمس .



شكل (١) المجموعة الشمسية

بعض الحقائق عن كواكب المجموعة الشمسية

أقرب الكواكب للشمس هو عطارد الذي يبلغ معدل نصف قطره مداره أو فلكه ، أي بعده عن الشمس ، نحو ٦٠ مليون كيلومترا ، يلي ذلك بعدا عن الشمس كوكب الزهرة الواقع على مسافة ١١٠ مليون كيلومترا من الشمس ، فالارض على بعد ١٥٠ مليون كيلومترا . هذا بينما يبلغ بعد أقصى الكواكب في المجموعة الشمسية عن الشمس ونعني بذلك كوكب بلوتو نحو ٥٩٠٠ مليون كيلومترا ، أي ما يزيد على ٣٩ مرة بعد الارض عن الشمس (شكل ١) .

وفيما يلي جدول يبين الأبعاد النسبية للكواكب عن الشمس وأحجامها باعتبار بعد الأرض وحجمها وحدة واحدة :

الكوكب	المسافة من الشمس	القطر	الكتلة	الكثافة	الاقمار
الشمس	—	١٠٩١٠	١٠٩٠٠٠٠٠٠٠٠	١٤	—
عطارد	٠٠ر٣٩	٠٠ر٣٩	٠٠ر٠٦	٣ر٤	—
الزهرة	٠٠ر٧٢	٠٠ر٩٧	٠٠ر٩٢	٤ر٩	—
الأرض	١ر٠٠	١ر٠٠	١ر٠٠	٥ر٥	١
المريخ	١ر٥٢	٠ر٥٣	٠ر١٥	٣ر٩	٢
المشتري	٥ر٢٠	١٠ر٩٥	١ر٣١٢ر٠٠	١ر٤	١٢
زحل	٩ر٥٤	٩ر٠٢	٧٣٤ر٠٠	٠ر٧	٩
يورانوس	١٩ر١٩	٤ر٠٠	٦٤ر٠٠	١ر٣	٥
نبتون	٣٠ر٠٧	٣ر٩٧	٦٠ر٠٠	١ر٦	٥
بلوتو	٣٩ر٤٦	٩٠ر٥١	٩٠٠ر١٣	٩	٢

وللدلالة على الأبعاد والمسافات الهائلة الواردة بالجدول السابق يكفي أن نذكر بأن طائرة نفاثة تطير بسرعة ٨٠٠ كيلومترا في الساعة ، يلزمها أكثر من ٢١ سنة من الطيران المستمر لكي تقطع المسافة بين سطح الأرض و سطح الشمس ، أما المسافة بين بلوتو والشمس فتقطعها هذه الطائرة في ثمانية قرون ونصف قرن . وإذا أخذنا معيارا آخر ، ونعني بذلك سرعة سريان الأشعة الضوئية التي تبلغ نحو ١٨٦ ألف ميل (٣٠٠ ألف كيلومتر) في الثانية ، فإن أشعة الشمس يلزمها ثمان دقائق لكي تقطع المسافة بين مصدرها و سطح الأرض ، وما يقرب من خمس ساعات ونصف لتصل من الشمس الى سطح بلوتو أبعد كواكب المجموعة .

على الرغم من أن عطارد هو أصغر الكواكب حجما ، فإنه يحكم موضعه كاقربها الى الشمس ، نجده يتلقى أعظم قدر من الطاقة الحرارية . أضف الى هذا أن حركته حول الشمس تجعل أحد وجهيه فقط معرضا لها

طول الوقت ، بينما الوجه الآخر معتم ، مما يؤدي الى شدة ارتفاع الحرارة بشكل مخيف على الجانب المواجه للشمس ، وانخفاضها بشكل مروع على الوجه الآخر . لهذا كانت الحياة في جميع صورها غير موجودة على هذا الكوكب بالشكل الذي نألفه على أرضنا . وعلى النقيض من ذلك فان كوكب المشتري أكبر الكواكب ، والذي يزيد حجمه عن ١٣٠٠ مرة حجم الارض ، نجده من البعد السحيق عن الشمس ، بحيث يتلقى من الطاقة الشمسية قدرا ضئيلا ، لا يرفع من درجة حرارة أعلى بقاع سطحه حرارة ، بالقدر الذي تصل اليه أدنى درجات الحرارة في أبعد بقعة من بقاع سطح الارض . أما الارض ، فلها من موقعها وحجمها ما يضمن توافر طاقة حرارية على سطحها بالقدر المعقول ، الذي كان ولاشك سبب ازدهار صور الحياة على ظهرها على نحو ما نلمس .

وتتمتع جميع كواكب المجموعة الشمسية بأغلفة غازية حولها ، فيما عدا أصغرها عطارد وبلوتو ، والغلاف الغازي حول الارض هو الوحيد الذي نعرف عنه بعض الحقائق ، أما الأغلفة الغازية التي تحيط بالكواكب الاخرى ، فما زالت موضع دراسة ، خاصة وأن الحضارة الانسانية قد دخلت الان مرحلة استكشاف الفضاء تمهيدا لفزوه . ويعتقد أن الشطر الأكبر من الغلاف الغازي المحيط بكوكب الزهرة يتألف من غاز ثاني أكسيد الكربون ، الذي يحمل كميات كبيرة من الغبار يبدو على هيئة سحب بيضاء تدثر هذا الكوكب . أما الغلاف الغازي للمريخ ، فيعتقد أنه فضلا عن النسبة الكبيرة من ثاني أكسيد الكربون به ، الا أنه يشتمل على النيتروجين ، وما زال أمر وجود حياة نباتية على ظهر هذا الكوكب مسألة تشغل بال العلماء ، ولكن لم يثبت حتى الان بصفة قاطعة وجود الأكسجين الحر بغلاف المريخ ، وهو العنصر الهام للحياة على الارض ، كل ما أثبتته مركبة الفضاء الامريكية مارينر ١ و ٢ هو وجود أكسجين ناتج عن تفاعلات كيميائية من تحليل عينات التربة .

باستثناء عطارد والزهرة وبلوتو ، تتمتع بقية كواكب المجموعة

الشمسية بأقمار أو توابع تدور حولها ، فللأرض واحد ولنبتون اثنان ، وللمريخ قمران ، وخمسة أقمار لأورانوس ، وتسعة أقمار لزحل ، واثنا عشر قمرا للمشتري . وعلى هذا الاساس يمكن القول بأن الاقمار التابعة لهذه الكواكب ، يقل عددها ويكبر حجمها في اتجاهين مبتعدين عن المشتري . بالإضافة الى ما سبق تشتمل المجموعة الشمسية على عدد لا يحصى من الأجرام السماوية الصغيرة المعروفة باسم الشهب أو النيازك التي تتخذ في الفضاء مدارات غير محددة ، ولذا فانها قد تقع أثناء تجوالها في نطاق جاذبية أحد الكواكب ، فتتهوي اليه على نحو ما نشاهد بالنسبة للأرض ، ولكن من حسن الحظ ، أن هذه الأجرام تلتهب وتضيع هباء حالما تدخل الغلاف الغازي للأرض ، بسبب الحرارة الناتجة عن شدة احتكاكها بالهواء ، فتضيف بذلك الى نسبة الغبار الكوني ، الذي يتساقط فيما بعد على الأرض ، ويقدر نصيب الأرض من هذه المواد بتحو عشرين ألف طن تضاف الى وزنها سنويا .

وقمنا التابع لكوكبنا الأرضي محدود الابعاد ، فقطره الاستوائي ٢٨٪ من قطر الأرض ، ومساحة سطحه ٧٤٪ من مساحة سطح الأرض ، في حين أن كتلته ١٢٪ من كتلة الأرض ، ومن ثم كانت جاذبيته ١٦٥٪ من جاذبية الأرض . وبسطحه فوهات اما نتيجة براكين ، أو بسبب ارتطام الشهب به ، يبلغ عدد الكبير منها ثلاثمائة ألف فوهة على الجزء المرئي من القمر ، وتغطي سطحه مناطق سوداء تدعى البحار عددها حوالي ٣٠ على الجزء المرئي أيضا ، وتشتمخ أعلى جباله أحد عشر ألف متر ، وليس للقمر غلاف هوائي .

مما سبق يتضح لنا أن كوكب الأرض يتمتع بالميزات الآتية داخل المجموعة الشمسية :

١ - عدم تطرف موقع الأرض قريبا أو بعدا عن الشمس أدى الى تلقيها قدرا معقولا من الحرارة ، يناسب قيام الحياة على ظهرها ،

بمكس عطارد والزهرة القريبين من الشمس ، أو نبتون وبلوتو المتطرفين في البعد عنها .

٢ - دورة الارض حول نفسها تساعد على تعرض كلا وجهيها بالتساوي للطاقة الشمسية ، بمكس كوكب عطارد الذي يحترق أحد وجهيه المواجه للشمس ، بينما يتجمد الوجه المقابل في الظل الدائم .

٣ - للأرض من حجمها ما مكنها بفضل جاذبيتها من أن تحتفظ حولها بغلاف غازي ، يشتمل على الاكسجين وبخار الماء ، وكلاهما ضروري للحياة .

نشأة الارض :

فيما يتعلق بنشأة الارض كفرد من أفراد المجموعة الشمسية ، هناك طائفة من النظريات التي يمكن تقسيمها الى فئتين ، الواحدة تقول بالأصل الواحد لكافة أفراد المجموعة الشمسية ، والاخرى تدعى تعدد النشأة .

الفئة الأولى : وتشمل ما يسمى بالنظرية السديمية للعالم الفرنسي لابلاس ، ونظرية الكويكبات لكل من توماس تشمبرلن وفورست مولتون ثم نظرية المد الغازي ، ونظرية السحب السديمية لفايزكر ، والسحب الغازية لاوري . وتذهب جميعا الى أن أصل المجموعة الشمسية واحد ، وأنها نشأت عن سديم ، وهو جسم غازي جسيم متوهج شديد الحرارة ، ولأسباب معينة انفصلت عن جسم هذا السديم كتل كونت الكواكب ، في حين بقي أغلبه متوهجا ، وهو الذي يكون الشمس الحالية ، وتختلف النظريات في كيفية الانفصال ، فبعضها يعزوه للبرودة والتقلص وسرعة الدوران بما يتيح قوة طرد مركزية ، تسبب انتفاخ النطاق الاستوائي من السديم الأصلي وتمده خارجا عن الجسم الأم ، حتى تنفصل عنه حلقة تلو حلقة بطريقة ذاتية ، وبعضها الآخر يذهب الى أن الانفصال تم قسرا ، وبأسلوب مفاجيء عنيف ، نتيجة لعامل خارجي ، مؤداه اقتراب جرم سماوي عظيم من السديم ، فتفتق جسمه وانفصل الى كتل عدة .

وتجمع هذه النظريات على أن الكتل المنفصلة أخذت تدور في الفضاء ، وتفقد حرارتها بالتدريج ، فتحولت الى أجسام سائلة ، وترتبت كثافتها ثم بردت أكثر فتصلبت وأضحت أجساما معتمة ، خاضعة لجاذبية الكتلة المتبقية من السديم وهي الشمس .

لو كانت المجموعة الشمسية من أصل واحد ، فإن معنى ذلك تشابه مركبات أفرادها ، وقد ثبت حديثا تشابه التركيب الصخري لوجه القمر والارض ، كما أن بقايا الشهب المتهاكمة على الارض توضح وجود الحديد والنيكل بها ، وهما مادتان موجودتان على الارض ، أما مركبات بقية الكواكب الاخرى فما زالت موضع حدس وتخمين ، رغم بلوغ مركبات ماريتر الامريكية سطح المريخ .

الفئة الثانية : وهي مجموعة من النظريات التي تفترض تعدد نشأة أفراد المجموعة الشمسية واختلاف أصولها ، ومن أقدم هذه النظريات ما نادى به العالم لوكيار ، الذي اعتقد بأن الكون مليء بالنيازك التي اذا ما تجملت بالصدفة وتصادمت ، توهجت ، ونشأ عنها سديم ، هذا السديم لا يزال يبرد ويتقلص بعد انتهاء التصادم حتى يتحول الى كوكب معتم ، فاذا ما تقابل كوكبان من هذا النوع جذب الكبير منهما الصغير ، فيصبح الاول شمسا ، والثاني كوكبا تابعا له . ولكن نظرية هذا شأنها من حيث الاعتماد على مبدأ الصدفة لا يمكن أن تلقى أدنى قبول ، فالصدفة العشوائية نقيض هذا التناسق الدقيق في الكون .

أما هويل في نظرية السوبر نوبا ، ورامسل في نظرية الشمس التوأمية ، فيريان أن الكواكب السيارة نتجت عن انفجار نجم آخر كان موقعه بالقرب من شمسنا الحالية ، فتطايرت أجزاؤه في الفضاء ، ولم يبق منه سوى سحابة عظيمة من الغاز على هيئة قرص ، أخذ يدور مع الشمس من الغرب الى الشرق ، وقد انفصلت عن هذا القرص حلقات ، ومن بعض هذه الحلقات انفصلت حلقات أخرى ، كونت في مجموعها الكواكب وتوابعها من الاقمار بعد أن بردت وتصلبت .

الفصل الثاني

شكل الأرض وأبعادها

لادامي هنا لمناقشة الأدلة التقليدية ، التي تذكر عادة في معرض التذليل على كروية الأرض ، ويكفي أن نشير الى بعض الصور التي التقطها رواد الفضاء في أمريكا والاتحاد السوفيتي ، على بعد كبير من سطح الأرض ، ونشرت في كثير من صحف العالم والأطالس الحديثة ، ومنها يبدو بوضوح استدارة شكل الأرض (شكل ٢) . على أن هذه الحقيقة التي نراها الآن بالعين ، كانت معروفة عند الاغريق القدماء منذ القرن السادس ق . م ، وللفيلسوف الاغريقي أرسطو وأتباعه بعد ذلك .

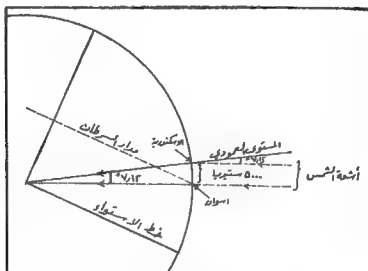
الا أن أول محاولة جدية لقياس محيط هذه الكرة أتت من مصر سنة ٢٠٠ قبل الميلاد على يد ايراتومستين Eratosthenes أمين مكتبة الاسكندرية ، مستخدما في ذلك مبدأ فلكيا سليما ، فقد لاحظ هذا العالم أن أشعة الشمس التي تسقط على سطح الأرض بمنطقة أسوان على نهر النيل قرب مدار السرطان ٢٣ ٣٠ . وذلك ظهر ٢١ يونيو تكون عمودية تماما كما رآها في قاع بئر عميقة ذات جدران قائمة ، وبمعنى آخر أن الشمس في ظهر ذلك اليوم تكون في نقطة الذنب zenith ومن ثم فإن أشعتها تكون عمودية على سطح الأرض في تلك البقعة وقت الزوال .

بينما في مدينة الاسكندرية حيث يعمل العالم ، وفي نفس الوقت ، تكون أشعة الشمس عند الزوال مائلة عن الاتجاه العمودي بمقدار 712 (شكل ٣) ، أي ما يعادل $1/50$ من محيط الدائرة ، أو بمعنى آخر أن المسافة بين أسوان والاسكندرية تعادل $1/50$ من محيط الكرة الأرضية فإذا عرفنا المسافة بين المكانين بدقة ، وضاعفناها خمسين مرة ، نحصل بذلك على تقدير لمحيط الكرة الأرضية . وقد وجد هذا العالم أن المسافة بين البقمطين تساوي خمسة آلاف ستاديا Stadia ، ومن ثم يكون محيط الكرة الأرضية حسب تقديره 63750 كم ، باعتبار الاستيديا = 185 مترا .



شكل (٢) الأرض من الفضاء

ولما كان محيط الكرة الأرضية في الواقع يقدر بنحو أربعين ألف كيلومتر ، فإن تقدير إيراتوستين يعتبر تقديرا دقيقا للغاية بالنسبة لزماته ، وربما كان الخطأ الذي وقع فيه إيراتوستين راجعا الى اختلاف المقاييس ، حيث أن الاستيديا وحدة قياس يونانية قديمة ، وما زال أمر تقديرها تخمينيا . وربما كان الخطأ أيضا راجعا الى تقدير إيراتوستين للزاوية ، فالفرق الحقيقي بين الاسكندرية وأسوان الحالية هو ٧٠° ، ثم انه اعتبر موقع أسوان على مدار السرطان ، في حين أنها تقع الى الشمال من مدار السرطان بحوالي ٥٩° كيلومترا أي ما يعادل ٢٣° .



شکل (۳) تقدیر ایراتوستین محیط الارض

باتباع طريقة ايراتوستين يمكننا أن نقدر محيط الأرض بأن نرصد زاوية سقوط أشعة أي نجم في بقعتين متباعدتين على سطح الأرض في نفس الوقت ، وبحساب الفرق بين الزاويتين بالدرجات ، يمكن نسبة هذا الفرق الى مجموع زوايا الدائرة ، وبقياس المسافة بين البقعتين قياسا مباشرا ، يمكن تقدير محيط الأرض . ومن المؤكد أن العرب اتبعوا هذه الطريقة في حساب أبعاد الأرض ، ولكن لسوء الحظ أن وحدات القياس

التي استخدموها لا يمكن ترجمتها بدقة الى الوحدات القياسية المستخدمة حاليا .

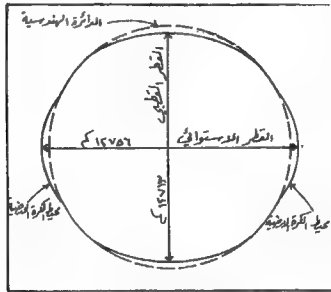
لنفرض الآن أن أشعة نجم ما تميل عن الاتجاه العمودي بمقدار درجة واحدة وست دقائق في النقطة أ ، وبمقدار $٤٣' ٠٤''$ في النقطة ب الى الشمال من النقطة أ ، فيكون فرق الزاوية بين البقيتين $= ٣٦٣''$ ، أي ما يعادل $1/١٠٠$ من محيط الكرة الارضية . فإذا كانت هذه المسافة $= ٢٥٠$ ميلا كان محيط الكرة الارضية بناء على ذلك $= ٢٥٠٠٠$ ميلا .

لكن ينبغي أن نلاحظ أن الارض ليست كرة هندسية تامة الاستدارة بل هي في الواقع شبه كرة ، وقد اكتشف ذلك العالم الفرنسي Jean Richer الذي أوفده لويس الرابع عشر الى إحدى جزر غيانة الفرنسية ، لعمل مشاهدات فلكية سنة ١٦٧١ م ، فقد لاحظ هذا العالم بعد الوصول الى الجزيرة أن ساعته الدقيقة تقدم دقيقتين ونصف يوميا ، وسرعان ما عزي هذا الفرق الى تفاؤل جاذبية الارض نحو خط الاستواء ، بسبب بعد السطح عن المركز أكثر منه في الجهات الواقعة تجاه القطبين .

وقد أثبتت القياسات التي أجريت بعد ذلك أن سطح الكرة الارضية يميل الى الانبعاج قليلا حول خط الاستواء ، والى التسطح قليلا تجاه القطبين ، لذلك فإن المقطع الطولي للكرة الارضية المار بالقطبين يبدو بشكل بيضاوي ، بدلا من الشكل الدائري المتوقع . ويرجع انبعاج الكرة الارضية عند خط الاستواء الى تأثير قوة الطرد المركزية الناجمة عن دوران الارض حول نفسها بسرعة ، مما يؤدي الى بروز نطاقها الاستوائي بعيدا عن المركز .

وقد تم التأكد من شكل الارض خلال النصف الاول من القرن الثامن عشر ، حينما أرسلت الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس بعثتين لاجراء دراسات في أنواع مختلفة من الارض ، ويبلغ طول القطر الاستوائي للأرض نحو ١٢٢٧٥٦ كيلومترا في حين أن طول القطر القطبي أو ما يعبر عنه باسم المحور ١٢٢٧١٣ كيلومترا فقط ، أي أن الفرق $= ٤٢٩$ كيلومترا

وهذا يعادل نحو ١/٣٠٠ من القطر الاستوائي للكرة الارضية (شكل ٤) .



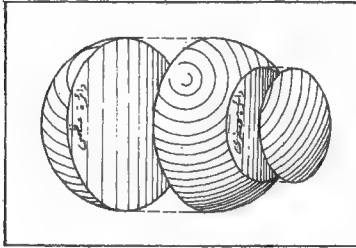
شكل (٤) القواق الشكل الارضي عن الكرة التامة

الدوائر العظمى والدوائر الصغرى :

إذا قسمنا كرة تامة التكور الى نصفين متساويين تماما ، فان المقطع لابد أن يمر بمركزها ، كما أن محيط هذا المقطع يكون أكبر دائرة يمكن رسمها على هذه الكرة ، وفي الوقت نفسه إذا قسمنا الكرة الى قسمين غير متساويين ، فان المقطع لن يمر بمركز الكرة ، ويكون محيطه بطبيعة الحال أقل طولاً من الدائرة العظمى السابق ذكرها (شكل ه) .
لهذه الظاهرة أهميتها التي تبدو حين التعرض لأمور خطوط الطول ، والملاحة الجوية والبحرية ، وحين دراسة مساقط الخرائط والتوقيت .
وأهم خصائص الدوائر العظمى ما يلي :

- ١ - أي دائرة عظمى هي أكبر دائرة يمكن رسمها على الكرة المعطاة .
- ٢ - المقطع الذي تحدده أية دائرة عظمى لابد أن يمر بمركز الكرة .

- ٣ - يمكن رسم عدد لا نهائي من الدوائر العظمى على سطح أية كرة .
 ٤ - دائرة عظمى واحدة فقط هي التي تمر بأي نقطتين على الكرة ،
 الا في حالة ما اذا كانت هاتان النقطتان تحددان طرفي أحد
 أقطار الكرة ، فانه في هذه الحالة يمكن أن يمر بهما عدد
 لا نهائي من الدوائر العظمى . مثال ذلك نقطتا القطبين على
 الكرة الارضية .
 ٥ - اذا تقاطعت دائرتان عظميان نصفت كل منهما الاخرى .



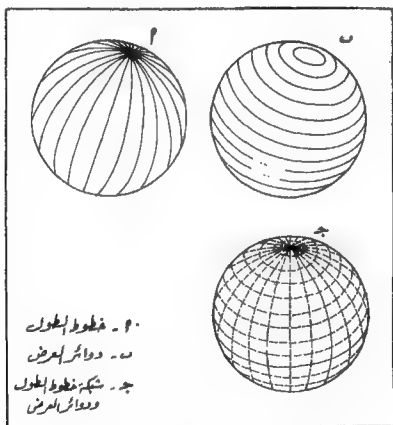
شكل (٥) الدوائر العظمى والصغرى

ينبغي أن نلاحظ في مناقشاتنا السابقة فيما يختص بالدوائر العظمى والصغرى ، ان هذا ينسحب فقط على الكرات الهندسية الحقيقية ، وفي حالة التطبيق على الكرة الارضية ، فان افتراق هذه الكرة عن الشكل الكروي الهندسي أو الشكل الحقيقي من القلة بحيث يمكن اهماله في المعتاد . وللخاصية التي أوردناها تحت رقم ٤ أهمية في الملاحة البحرية والجوية ، حيث تحدد الدوائر العظمى التي تمر بمحطة القيام أو بداية الرحلة ، وبمحطة الوصول أو نهاية الرحلة ، لكي ترسمها السفن أو الطائرات ما أمكن ، توفيراً للوقت أو الوقود .

ولذا نسمع الآن كثيرا عن الطيران عبر القطب الشمالي ، خاصة بين غرب أوروبا وأمريكا الشمالية ، فهنا تتبع خطوط الطيران دوائر عظمى ، أو بمعنى آخر خطوط الطول المارة بالقطب اقتصادا للمسافة ، وهناك خرائط خاصة بالملاحة توضح عليها أقواس الدوائر العظمى بين الموانئ المختلفة بحيث تبدو على اللوحات المستوية كخطوط مستقيمة .

خطوط الطول ودوائر العرض :

تدور الأرض حول نفسها على محور شمالي جنوبي (محور وهمي) ، يحدد طرفاه نقطتا القطبين اللذان على أساسهما ترسم شبكة خطوط الطول ودوائر العرض .



شكل (٦) خطوط الطول ودوائر العرض

وتتألف هذه الشبكة من عدد من الخطوط الشمالية الجنوبية ، هي خطوط الطول ، وعدد آخر من الخطوط الشرقية الغربية ، تؤلف في مجموعها دوائر العرض (شكل ٦) .

خطوط الطول أنصاف دوائر تنفرع أو تلتقي في القطبين ، ويكون كل زوج متقابل منها دائرة كاملة أو بعبارة أخرى أحد الدوائر العظمى على سطح الأرض .

أهم خصائص خطوط الطول واستخداماتها :

١) جميعها تشير الى الاتجاه الشمالي الجنوبي الحقيقي .

ب) تتباعد هذه الخطوط الى أقصى حد عند خط الاستواء، وتتقارب تدريجياً بعيداً عنه ، حتى تلتقي جميعاً في نقطتي القطبين .

جـ) لكل بقعة على سطح الأرض خط طول أو درجة طول معينة .

خط الطول الرئيسي هو الخط المار بالمرصد الملكي البريطاني في جرينتش بالقرب من لندن ، ودرجته صفر ، وتقاس خطوط الطول الأخرى الى الشرق أو الغرب من هذا الخط وعددها ١٨٠ . أو خطأ في كلا الاتجاهين . والطول الحقيقي لدرجة الطول ، أي المسافة بين كل درجتين متتاليتين ، تختلف باختلاف الموقع بعداً عن خط الاستواء ، ويمكن حسابها عند خط الاستواء على النحو التالي: $\frac{2490192}{360} = \frac{الحيط الاستوائي}{360}$

$= 691972$ ميل (111127 كم) الدقيقة $= 1185$ كيلومتراً ، والثانية $= 0.3$ كم ، لكن بسبب تقارب درجات الطول سريعاً شمالاً أو جنوباً ، فإن المسافة بين كل درجتين تقل كلما ابتعدنا تجاه القطبين ، حتى أنه على دائرتي العرض ٦٠ ش ، ج تصبح هذه المسافة نصف قيمتها على خط الاستواء ، أي أن البعد بين كل خطي طول عليها يصبح نحو ٣٤٥ ميل (562 كم) فقط .

تستخدم خطوط الطول لقياس المسافات ، أو توقيع وتحديد مواضع

الاماكن المختلفة على سطح الارض ، سواء شرقي أو غربي خط الطول الأساسي المار بجرينتش ، ودرجته كما تعرف صفر . وتقدر هذه المسافات بالدرجات أو كسور الدرجات ، فاذا بحث ربان طائرة برسالة برقية تذكر أن طائرته تمر أثناء رحلتها في تلك اللحظة فوق درجة طول ٣٠ غربا ، كان معنى ذلك أن الطائرة على بعد ١/١٢ من محيط الكرة الأرضية الى الغرب من خط الطول الرئيسي . وتنقسم كل درجة من درجات الطول — وكذلك درجات العرض — الى دقائق وثوان ، والدقيقة ١/٦٠ من الدرجة ، والثانية ١/٦٠ من الدقيقة ، فدرجة طول ١٢ درجة و ١٥ دقيقة و ٢٠ ثانية شرقا تكتب هكذا ١٥° ٢٠' ١٢ شرقا .

تستخدم خطوط الطول كذلك في تحديد التوقيت ، ولا يمكن للشخص الذي يعيش عمره في مكان واحد لم يبرحه أن يلمس أهمية هذا المنصر، حيث أنه حين ينظر ليوجد الشمس تشرق ، أدرك أن الوقت صباحا ، فاذا ما بلغت الشمس في رحلتها الظاهرية اليومية أعلى بقعة في كبد السماء، فقد صار الوقت ظهرا ، فاذا ما غربت الشمس ، أدرك أنه المساء وأن الليل قد أقبل .

هذا التتابع الذي عرضناه بصورة بسيطة للمواقيت هو نتيجة لدوران الأرض حول نفسها أمام الشمس ، فلو كانت الأرض كالكوكب عطارد تغطي دائما وجهها واحدا للشمس ، لما نشأ هذا النظام الرتيب ، ولظل الوقت نهارا مضيئا على أحد وجهي الأرض ، وليلا دائما على الوجه الآخر . ولكن تتابع التوقيت على النحو الذي نألفه من شأنه أن يجعل الوقت نهارا على أحد وجهي الأرض ، وليلا على الوجه الآخر لمدة محدودة ، ليعود فيتبادل الوجهان موقعهما . بمعنى أنه اذا كان الوقت ظهرا ، أي منتصف النهار بمدينة الدوحة، كان الوقت تمام منتصف الليل على البقعة التي تقابل موقع الدوحة على ظهر الكرة الأرضية من الجانب الآخر والعكس . ولما كانت الأرض تدور تجاه الشرق ، أي أن الصباح يأتي أولا من هذا الاتجاه ، فإن الشروق في مدينة الدوحة سابق على

الشروق في مدينة عمان ، وفي هذه الاخيرة يكون الشروق سابقا على الشروق بالقاهرة وهكذا .

هذا ما يعبر عنه بفارق التوقيت الذي يمكن أن نلمسه اذا تبعنا اذان المغرب في الدول العربية على المذيع ، وحتى في الدولة الواحدة المحدودة هناك فرق في التوقيت بين بقعة وأخرى ، فاذان المغرب بمدينة عمان سابق عليه بمدينة القدس الى الغرب من عمان . ولكن من الواضح أننا اذا ضبطنا الساعة بكل من هذه البقاع لتناسب وقت الزوال الحقيقي بكل منها ، كان معنى ذلك فوضى في التوقيت ومواعيد العمل لا يمكن ادراك مداها .

واذا كان هذا هو الأمر بالنسبة لبلد محدود المساحة كبلدنا ، فإن الفوضى تتضاعف عشرات المرات بالنسبة لبلاد مترامية كالهند ، أو الجزيرة العربية أو الولايات المتحدة . ومن الطريف أن نذكر بأن التوقيت في أرجاء الولايات المتحدة الامريكية ظل يتبع النظام المحلي لفترة طويلة من تاريخ تلك الامة البكر ، خلال مراحل استعمار قارة أمريكا الشمالية ، فكل مركز من مراكز العمران بها كان يضبط ساعاته وفقا لوقت الزوال الحقيقي للرقعة الارضية المحدودة التي يشغلها المركز مهما صغر ، ولم يكن في هذا ضير ، طالما كان كل مركز من هذه المراكز يمشي لنفسه ، في اطار صلات محدودة مع جيرانه ، قبل تقدم سبل المواصلات ووسائل الاتصال السريع من راديو وهاتف وبرق وغيره .

ولكن ابتداء من سنة ١٨٨٣ م بعد أن انتشرت السكة الحديد كوسيلة نقل بدلا من العربات التي تجرها الجياد ، وبعد استخدام البرق كوسيلة للاتصال السريع ، بات من الضروري تصحيح فوضى التوقيت المحلية ، فالسافر بالقطار من شيكاغو الى سان فرانسيسكو ، كان عليه أن يضبط ساعاته حسب التوقيت المحلي لكل محطة يمر بها ، وهي عشرات على طول الطريق . والمشرفون على ادارة خطوط السكة الحديد والحركة عليها في أنحاء البلاد ، كان من المستحيل عليهم تنظيم

جداول مواعيد قيام القطارات ووصولها ، وتلافى الفوضى التي لا يحمد عقباها في عمل كهذا ، لو أنهم اتبعوا المواقيت المحلية . نفس الشيء يمكن أن يقال عن الرسائل البرقية والهاتفية بين أنحاء البلاد .

هذا مثال أوردناه لكي نوضح الحاجة الى عمل شيء آخر كبديل للتوقيت المحلي ، شيء ينظم التوقيت على أساس اقليمي أوسع من النطاق المحلي المحدود . ولهذا اتفقت شركات السكك الحديدية الامريكية في كافة أرجاء البلاد في سنة ١٨٨٣ على تبني نظام أسمته نطاقات التوقيت المنمط Standard time belts ، وفي العام التالي لذلك التاريخ تبنت جميع أجهزة الدولة والافراد بأمريكا تلك الفكرة . ومن الولايات المتحدة شاعت الفكرة حتى عمت بقية أرجاء العالم .

وقد قسمت الولايات المتحدة الى أربعة نطاقات شمالية جنوبية ، ابتداء من ساحل الأطلنطي حتى ساحل المحيط الهادي ، واختار كل نطاق من هذه النطاقات الاربعة خط طول متوسط عمم وقت زواله على بقية أرجاء النطاق . وحدد عرض كل نطاق من الشرق الى الغرب بواسطة سرعة مرور الشمس في رحلتها الظاهرية على الارض ، وهي تعادل أربع دقائق للدرجة الطولية الواحدة ، أو بمباراة أخرى ساعة لكل درجة ، وعلى هذا الاساس حدد كل نطاق بواقع ١٥ طولية ، أو بمعنى آخر بساعة زمنية واحدة .

وقد تبني كل سكان النطاق توقيت خط الطول الاوسط في نطاقهم ، ومن ثم اختزل تغيير المواقيت من صورة لا نهائية من حيث الاختلاف ، الى مجرد أربعة مواقيت معدودة بخطوط طول معينة واضحة بالولايات المتحدة . ولتوضيح ذلك نضرب المثال التالي : اذا كانت الساعة في نيويورك بالنطاق الشرقي هي الخامسة بعد الظهر ، كان معنى ذلك أن الساعة في مدينة لوس انجلوس بالنطاق الرابع غربا هي الثانية بعد الظهر ، أي أن الفرق في توقيت المدينتين هو ثلاث ساعات .

من الناحية النظرية اذن ينقسم العالم الى نطاقات توقيت موحدة ، عرض كل منها ١٥ من درجات الطول ، بمعنى أن توقيت جرينتش يسري على نطاق عرضه سبع درجات وثلاثين دقيقة على كلا جانبي هذا الخط شرقا وغربا ، هذا حقيقي من الناحية النظرية ، ولكن من الناحية العملية يستحيل تطبيق ذلك تماما ، حيث أن الكثير من الدول - خاصة اذا كانت من الدول الصغيرة - ربما وقعت في حيز نطاقين من نطاقات التوقيت المنظم ، ولذلك فان تطبيق مبدأ نطاقات التوقيت الموحد في جميع جهات العالم لا يؤدي بالضرورة الى تقسيم العالم الى نطاقات خطية منتظمة ، بل هي في الواقع نطاقات شمالية جنوبية بصفة عامة ، ولكنها غير منتظمة ، أي تتراوح سعة وضيقا - والسبب في ذلك أنها تأخذ في اعتبارها عدة أمور هامة ، كالرقع الاقليمية لبعض الاقطار ، أو مناطق انتشار جماعات بشرية معينة ، أو الحيز الاقليمي لوحدة أو منظمة اقتصادية خاصة .

خط التاريخ الدولي :

يتبع هذا الخط بصفة عامة خط طول ١٨٠ في منتصف المحيط الهادي ، علما بأنه قد يفترق قليلا عن هذا الخط كما سنوضح فيما بعد . هذا الخط يشهد مولد كل يوم جديد يمر على العالم ، ونهاية كل يوم ينصرم ، فيوم ١٠/١ مثلا يبدأ على هذا الخط عند منتصف الليل ، ويتجه زاحفا مع الوقت غربا من خط التاريخ الدولي وسط المحيط ، تجاه سواحل شرقي آسيا وشرقي استراليا ، فيدور حول العالم دورة كاملة ، لينتهي عند نفس الخط بعد مرور أربع وعشرين ساعة تماما ، حيث ينتهي يوم ١٠/١ ويبدأ ميلاد يوم جديد هو ١٠/٢ على خط التاريخ الدولي عند منتصف الليل تماما .

اختيار هذا الخط في الموقع الذي أوضحناه بالذات ، اختيار موفق ، حيث أنه يمر بوسط المحيط الهادي تقريبا ، فلا يقطع من اليابس سوى مجموعات جزرية قليلة محدودة . ولك أن تتصور أن هذا الخط يمر

بوسط كتلة يابسة كبرى كالكتلة الاوروبية الافريقية ، أو بكتلة الأمريكتين ، لتتخيل مبلغ اللبس الذي كان سوف يحدثه بالنسبة للسكان على كلا جانبيه . فلو فرض و مر هذا الخط بمدينة القاهرة الواقعة على درجة طول ٣٠ شرقا ، كان معنى ذلك أن تاريخ اليوم بعد منتصف الليل مباشرة في مدينة القاهرة سوف يكون ١٠/٢٩ على سبيل المثال ، بينما مدينة السلوم الى الغرب يكون تاريخ اليوم فيها ما يزال ١٠/٢٨ .

فمن الضروري وبناء على ما سبق أن ذكرنا من اتجاه زحف التوقيت غربا ابتداء من خط التاريخ الدولي ، أن يتغير تاريخ اليوم على كلا جانبي الخط ، لهذا فوضع الخط حيث هو حاليا أنسب ما يكون ، ويلزم لمن يعبره شرقا أو غربا أن يغير التاريخ وفقا لذلك . فلو أن هناك طائرة مسافرة من جزر هواي مثلا يوم ١٠/٥ متجهة غربا ، وعبرت هذا الخط ، كان على ركابها تقديم اليوم بحيث يصبح ١٠/٦ ، والعكس اذا كانت الطائرة آتية من جزر مارشال متجهة شرقا يوم ١٠/٦ ، فانها عند عبورها خط التاريخ الدولي يتمين على ركابها تغيير تاريخ اليوم الى ١٠/٥ . بمعنى أوضح : عند عبور الخط من الغرب الى الشرق ، يضاف يوم الى التقويم ، وعند عبوره من الشرق الى الغرب يطرح يوم منه .

يفترق خط التاريخ الدولي عن خط الطول ١٨٠ عند الطرف الأقصى لسيبيريا ، جاعلا كل الاراضي الروسية الى الغرب منه ، ثم عند مجموعة جزر كوريل جاعلا اياها جميعا الى الشرق من موقعه ، وأخيرا يحيد عن اتجاهه نحو الشرق من موقعه ، وأخيرا يحيد عن اتجاهه نحو الشرق عند جزائر المحيط الهادي الجنوبي ، جاعلا معظم المجموعات الجزرية العديدة تقع الى الغرب من مساره .

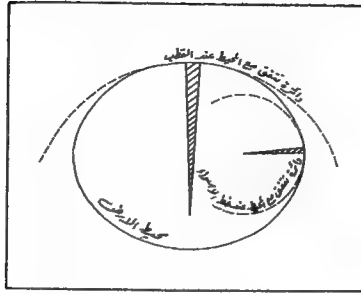
دوائر العرض :

عبارة عن دوائر كاملة موازية لدائرة عرض الاساس خط الاستواء وموازية لبعضها البعض ، وأهم خصائصها ما يلي :

- أ () تتقاطع هذه الدوائر مع أقواس خطوط الطول بزوايا قائمة.
- ب () تشير جميع هذه الدوائر الى الاتجاه الشرقي الغربي .
- ج () جميع هذه الدوائر عدا خط الاستواء دوائر صغرى .
- د () لكل بقعة على سطح الارض درجة عرض ثابتة ، تقاس بالدرجة وكسرها من دقائق وثوان .

تقاس دوائر العرض الى الشمال والجنوب من دائرة عرض الاساس أو خط الاستواء ودرجتها صفر ، وعدد كل من هذه الدوائر ٩٠ شمال وجنوب الدائرة الاستوائية ، الا أن طول هذه الدوائر يصغر تدريجيا حتى يصير نقطتين فقط عند القطبين . أما المسافة بين الدوائر فهي متغايرة ، فلو كانت الارض كرة تامة التكور ، لكانت المسافة بين كل دائرتين متتاليتين متساوية أو ثابتة ، ولكن نظرا لافتراق شكل الارض عن الشكل الكروي التام ، فان هذه المسافات تكبر قليلا تجاه القطبين . فعند خط الاستواء يكون طول درجة العرض مساويا تقريبا لطول درجة الطول ، بعبارة أخرى يكون طول درجة العرض - أي المسافة بين دائرة الاستواء والدائرتين ١ شمالا وجنوبا هو ١١٠ر٥٣٨ كيلومترا ، وطول الدقيقة ١ر٨٤٢ كيلومترا والثانية ٠.٣ر- من الكيلومتر . ولكي نلاحظ الفرق نذكر أن المسافة بين درجة عرض ٨٩ ودرجة ٩٠ هي ١١١ر٦٦٤ كيلومترا تقريبا . ويمكن أن نتمثل ذلك بالشكل التالي (شكل ٧) فالدائرة التي تتفق مع انحناء سطح الارض عند خط الاستواء أصغر بكثير من الدائرة التي تتفق مع انحناء سطح الارض عند القطبين ، ومن ثم كان طول المسافة بين كل درجتين عرضيتين متتاليتين على الدائرة الأصغر أقل من طول المسافة بين كل درجتين عرضيتين متتاليتين على الدائرة الأكبر .

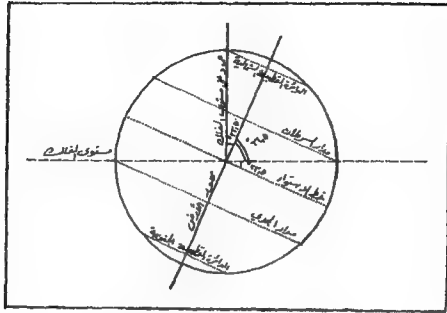
هناك عدد من دوائر العرض التي نعتبرها ذات أهمية خاصة لدارسي الجغرافيا ، وهي لهذا تعرف بأسماء معينة ، أطلقت عليها لابرار



شكل (٧) اختلاف طول درجات العرض

أهميتها . فضلا عن خط الاستواء ، هناك المداران ، مدار السرطان في نصف الكرة الشمالي ، ومدار الجدي في نصف الكرة الجنوبي . وهناك أيضا الدائرتان القطبيتان الشمالية والجنوبية ، وتبرز أهمية هذه الدوائر جميعا إذا علمنا أنها تحدد نوعا من العلاقة الوثيقة بين الأرض والشمس فيما يتعلق بتباين كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها بقاع الأرض المختلفة ، أو ما يعبر عنه دائما بتتابع الفصول . وينبغي أن نشير هنا إلى حقيقة هامة ، وهي أن الأرض تدور حول نفسها على محور وهمي يميل عن الاتجاه العمودي بزاوية مقدارها $23\frac{1}{2}^\circ$ ، وهذا هو السبب الأساسي في تباين الفصول أثناء دوران الأرض في فلكها حول الشمس (شكل ٨) .

ففي أواخر شهر ديسمبر من كل عام ، يكون ميل محور الأرض على نحو من شأنه أن يجعل شطرا أكبر من نصف الكرة الجنوبي معرضا لاشعة الشمس عن نظيره من النصف الشمالي ، فأشعة الشمس التي نعتبرها



شكل (٨) ميل محور الأرض ودوائر العرض للميزة

لأغراض عملية أشعة متوازية ، تصل في هذه الحالة الى منطقة القطب الجنوبي وما وراءه ، في حين أنها لا تسقط اطلاقا على منطقة القطب الشمالي ، ولذا فإنه على الرغم من دوران الأرض حول نفسها ، وتماقب الليل والنهار على وجهيها ، الا أن منطقة القطب الجنوبي في هذه الحالة تنعم بنهار دائم ، في حين تظل منطقة القطب الشمالي في ليل دامس طويلا (شكل ٩) -

في أواخر شهر يونيو (حزيران) يحدث العكس ، فعلى الرغم من بقاء محور الأرض مائلا بنفس الدرجة ، وموازيا لاتجاهه السابق ، الا أن الميل في هذه الحالة من شأنه أن يجعل شطرا أكبر من نصف الكرة الشمالي معرضا لأشعة الشمس عن نظيره في النصف الجنوبي ، وهذا يؤدي الى أن تصل أشعة الشمس منطقة القطب الشمالي وما وراءها ، فيكون هناك نهار دائم ، بينما يظل القطب الجنوبي في ليل معتم .

فيما بين الوضعين المتطرفين السابقين ، تحتل الكرة الأرضية موضعين

هائلة ، فيكون هذا هو فصل الصيف في النصف الشمالي من الكرة الارضية ولما كانت دائرة العرض السابقة هي التي تحدد أقصى بقعة على ظهر الارض في نصف الكرة الشمالي تسقط بها أشعة عمودية في أي وقت ، فقد ميزت وسميت بمدار السرطان .

بعد ستة شهور من التاريخ السابق ، أي في ٢١ ديسمبر (كانون أول) يحدث العكس ، حيث يكون نصف الكرة الجنوبي مائلا تجاه الشمس بمقدار $23\frac{1}{2}^\circ$ درجة ، ولهذا فان أشعة الشمس العمودية في ظهر ذلك اليوم تتلقاها دائرة العرض $23\frac{1}{2}^\circ$ جنوبا ، فيكون هذا هو فصل الصيف الجنوبي ولما كانت الدائرة السابقة هي التي تحدد أقصى بقعة على ظهر الارض في هذا النصف تسقط بها أشعة عمودية في أي وقت من أوقات السنة ، فقد ديزت وأطلق عليها اسم مدار الجدي .

نخلص من هذا القول بأن أشعة الشمس العمودية لا تتعدى ذلك النطاق من الكرة الارضية الذي يحده المداران ، بمعنى أن جميع البقاع الواقعة الى الشمال أو الجنوب منه لا تصل اليها أشعة عمودية في أي وقت من أوقات السنة . وينبغي أن نوضح هنا أيضا أن الشمس اذ تتعامد على أحد المدارين، فان ذلك لا يحدث الا ظهر يوم واحد فقط هو يوم الانقلاب الصيفي بالنسبة لكل مدار ، فالشمس اذ تتعامد على مدار الجدي يوم ٢١ ديسمبر ، تكرر عائدة الى موقع آخر شمال ذلك المدار في اليوم التالي ، ونفس الشيء ينطبق أيضا على مدار السرطان . فمن الواضح اذن أن أية بقعة بين المدارين تتعامد عليها الشمس مرتين أو يومين في العام ، وذلك في رحلتها الظاهرية ذهابا وجيئة . حتى الدائرة الاستوائية نفسها، لا تتعامد الشمس عليها تماما سوى ظهر يومين فقط من أيام السنة ، هما يوم الاعتدال الربيعي في ٢١ مارس ، ويوم الاعتدال الخريفي حوالي ٢١ سبتمبر .

كما هو الحال بالنسبة للمدارين ، فان الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية تحددان العلاقة بين الارض وزاوية ميل أشعة الشمس الساقطة

عليها في الفصول المختلفة ، ففي يوم الانقلاب الصيفي ، حين يكون نصف الكرة الشمالي مائلا نحو الشمس وأشعتها عمودية على مدار السرطان ، فإن أكثر أشعة الشمس ميلا تصل الى القطب الشمالي وما وراءه بمقدار $23\frac{1}{2}\%$ والدائرة التي تحدد هذه المساحة حول القطب هي التي يطلق عليها اسم الدائرة القطبية الشمالية ، ودرجتها $66\frac{1}{2}\%$ شمالا (90 - القطب - $23\frac{1}{2}\%$) . بعد ستة أشهر من التاريخ السابق يحدث العكس ، أي يصير الانقلاب الصيفي في نصف الكرة الجنوبي ، فتصل أشعة الشمس بصفة مستديمة لنطاق من الكرة الارضية تبلغ سمته $23\frac{1}{2}\%$ عرضية حول القطب الجنوبي ، يحدد هذا النطاق الدائرة القطبية الجنوبية $66\frac{1}{2}\%$ جنوبا ، يلاحظ أيضا أن الدائرتين القطبيتين تعينان أقصى مدى تصل اليه أشعة الشمس في فصل الشتاء بكل من نصفي الكرة ، أي أنه النطاق الذي لا تسطع الشمس شماله في فصل الشتاء الشمالي ، وجنوبه في فصل الشتاء الجنوبي .

الفصل الثالث

طبيعة باطن الأرض وقشرتها

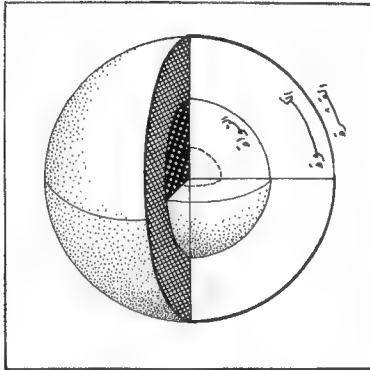
التركيب الداخلي للكرة الأرضية :

لا يدرك الانسان عيانا من جسم الكرة الارضية سوى سطحها الخارجي ، خاصة بمناطق اليابس ، فهذا وحده هو الحيز الذي يقع ضمن حدود مشاهدته المباشرة ، وتعامله اليومي . أما أعماق الباطن الارضي فما زالت بعيدة كل البعد عن متناول البشر ، وسوف تظل كذلك لفترة طويلة ، حيث أن عمليات التعدين تحت السطح ، وانزال الآبار في جوف الصخر سميا ورام النفط أو الماء ، كلها عمليات لم تستطع حتى الان التوغل الا في غشام رقيق لا يعتمدى أعماقا ضئيلة من القشرة الخارجية للكرة الارضية ، وهي أعماق لا تتجاوز أغوارها بضعة كيلومترات تحت السطح ، ولا تكون في مجموعها سوى كسر ضئيل من قطر الارض الذي يبلغ طوله أكثر من ١٢٧٠٠ كيلومترا .

لذلك كان لابد من اللجوء لوسائل غير مباشرة للتعرف على التركيب الباطني للأرض ، ومحاولة تخمين العناصر التي يتألف منها ذلك الباطن ، ويعرف العلم الذي يهتم بهذه الدراسة بعلم الطبيعة الارضية geophysics ووسائله في ذلك قياس موجات الزلازل الطبيعية ، والاهتزازات المفتعلة، ومجالات الجاذبية والمغناطيسية الارضية . ومن خلال النتائج التي يحصل عليها علماء الطبيعة الارضية، ومقارنتها بالقواعد العامة المعروفة

في علوم الطبيعة ، أمكن التوصل الى حقائق مذهلة عن الخصائص الطبيعية ومكونات الاعماق الداخلية في كوكبنا ، مما لا يقع تحت طائلة الحس والتجربة أو الملاحظة المباشرة .

أثبتت هذه الدراسات أن باطن الأرض عبارة عن عدد من المجالات (شكل ١٠) ، تبدأ من المركز بنواة وسطى ، يبلغ طول نصف قطرها نحو ٣٤٠٠ كيلومترا ، ويعتقد بأنها تتألف من معادن منصهرة ، أي أن النواة الداخلية للأرض ما زالت في حالة سيولة . وهذا القول يعمد الى أذهاننا ما سبق أن ذكرناه عن أصل الأرض ونشأتها ، من أنها كانت في بادئ الأمر جسما غازيا ، يبرد وتصلب بالتدريج .



شكل (١٠) تركيب الكرة الأرضية

ولكن في الوقت الذي تحول النطاق الخارجي من جسم الأرض الى الحالة الصلبة ، متجمدا نتيجة فقدانه حرارته بسرعة ، فإن الباطن في

الاعماق ظل محتفظا بكثير من حرارته ، ومن ثم بقي في حالة السيولة . وقد أمكن التوصل الى هذه الحقيقة ، بفضل ما سجل من تغير مفاجيء في سرعة الموجات الزلزالية وفي طبيعتها عند بلوغها مجال النواة الداخلية للأرض .

وعلى الرغم من انتشار هذا الرأي القائل بسيولة نواة الكرة الارضية ، وقبول كثير من الاوساط العلمية به ، فان بعض الدراسات الحديثة تشير الى أن القسم الداخلي المركزي من هذه النواة ربما كان في حالة تصلب تام ، أو حتى في حالة تبلور كدليل على قساوته ، ولئن كانت الكثافة النوعية للأرض ككل هي حوالي ٥.٥ تقريباً ، فان النواة الداخلية لابد أن تكون عالية الكثافة ، حيث أن كثافة صخور القشرة الخارجية لا تتعدى ٣ فقط ، لهذا يسود الاعتقاد بأن كثافة المواد التي يتألف منها الباطن تتراوح ما بين ١٠ و ١٥ .

بناء على ذلك ، فمن المحتمل أن تكون مواد الباطن في معظمها مركبات حديدية ، مع نسب أقل من معدن النيكل . ويؤيد هذه الحقيقة ، ما يشاهد عند دراسة المواد المكونة للشهب التي تصل من الفضاء الخارجي للأرض ، والتي هي في الواقع صور مصغرة عن الكواكب السيارة في مجموعتنا الشمسية ، فقد وجد أن معدني الحديد والنيكل يشكلان الشطر الأعظم من مركبات المواد المتخلفة عن احتراق الشهب . وتتراوح درجة حرارة باطن الأرض في حيز النواة بين ١٥٠٠ م° وبين ٣٥٠٠ م° . كما أن الضغط الواقع عليها بفضل ثقل مواد الاغلفة الخارجية من الكرة الارضية يبلغ نحو ثلاثة ملايين أو أربعة ملايين مرة قيمة الضغط الجوي العادي عند مستوى سطح البحر .

يغلف النواة الداخلية المركزية نطاق آخر يعرف باسم الكسوة mantle أو الغلاف المدثر ، ويبلغ سمكه ما يقرب من ثلاثة آلاف كيلومتر (٢٩٠٠ كم تماماً) . وتدخل في تركيبه مواد معدنية في حالة صلابة تامة ، وهي كما يستفاد من تحليل موجات الزلازل عبارة عن مركبات من

سيليكات الحديد والمغنيزيوم ، أو ما يعرف باسم صخر الأولفين Olivine ويدعى بالزبرجد الزيتوني ، وهو صخر قاعدي التكوين ، زجاجي التبلور ، عالي الكثافة ، ولكنه على الرغم من قساوته وشدة مراحه ، فإنه يكتسب صفة المرونة في حالة تعرضه لقوى الضغط المتغير على أجزاء جسمه المختلفة اذا استمر ذلك الضغط لفترة زمنية كبيرة . ومن ثم فإنه يشبه عادة بمادة القطران (tar) ، التي تبدو صلبة قاسية ، تتفلق وتتطاير شظاياها عند طرقتها بشدة ، ولكنها اذا وضعت في مكبس وضغط عليها لانت وانسابت السنة منها خارجة من مركز الضغط تجاه الأطراف .

أمكن التوصل الى الحقائق السابقة بعد دراسة الموجات الزلزالية ، التي هي عبارة عن حركات مفاجئة ، تبعث من باطن الارض ومن بقاع متفرقة تعرف باسم مراكز الزلازل ، التي ترسل هزات في موجات مختلفة تخترق قشرة الارض وباطنها ، وتؤثر في جهات قد تبعد مئات الكيلومترات عن مراكز كل زلزال ، وتسجل هذه الهزات المراصد النائية على بعد آلاف الكيلومترات ، وهي على ثلاثة أنواع :

أ - موجات أولية أو طولية تنتشر في رجفات تتمشى مع مستوى الزلزال ويرمز لها بالحرف (P) أول حرف من كلمة Primary أي أولي .

ب - موجات ثانوية أو عرضية ، وتنتشر في رجفات عمودية على الاتجاه الذي انبعثت منه ، ويرمز لها بالحرف (S) أول حرف من كلمة Secondary أي ثانوي .

ج - موجات سطحية ، وهي أيضا عمودية على اتجاه سريان موجات الحركة ، ونظرا لقربها من السطح ، فإنها تسبب خرابا هائلا بالمناطق التي تضربها ، ويرمز لها بالحرف (L) أول حرف من كلمة Late أي متأخرة .

من دراسة الخطوط البيانية التي سجلتها مختلف مراصد العالم في
هزات أرضية عديدة أمكن استنتاج الحقائق التالية :

١ - ازدياد سرعة الموجات الزلزالية كلما تعمقت صوب باطن الارض،
ولما كان من الثابت أن تتناسب سرعة هذه الموجات طرديا مع كثافة
الوسط الذي تسري فيه ، فإن معنى تزايد سرعة الموجات تجاه
أعماق باطن الارض تتبعه زيادة مماثلة في كثافة المواد التي
تشكل الباطن .

٢ - تنكسر الموجات الزلزالية خلال سريانها في المجالات الصخرية
المختلفة على نحو ما تنكسر الأشعة الضوئية التي تمر بأوساط
متباينة الكثافة ، ونظرا لأن موجات الزلازل تتبع في مسارها
خطوطا منحنية تجاه سطح الارض أو بمعنى آخر بعيدا عن الباطن
فان هذا دليل آخر على تباين الكثافة وتزايدها تجاه الباطن .

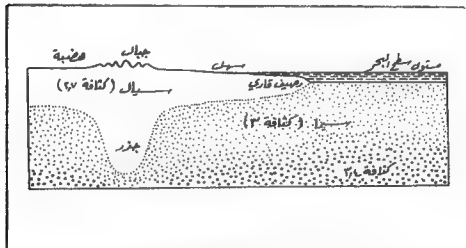
٣ - المحطات التي تبعد عن مراكز الزلازل بنحو ١٢٠ أو أكثر لا تسجل
سوى الموجات الطولية ، ولما كانت الموجات العرضية لا تسري خلال
وسط سائل ، فقد استنتج من ذلك أن النواة المركزية من الكرة
الارضية في حالة سيولة تخترقها الموجات الطولية ، ولا تنتشر
خلالها الموجات العرضية .

٤ - أمكن تصنيف الموجات الزلزالية بأنواعها الى ثلاثة أنواع سريعة
ومتوسطة وبطيئة . وقد تأكد لدى العلماء أن الموجات السريعة
هي تلك التي تنبعث من مركز الزلزال وتعمق بعيدا تجاه مركز
الارض فترتد خلال المجالات الصخرية الكثيفة بسرعة وتسجلها
المراصد النائية أول ما تسجل ، أما البطيئة فانها لا تسري الا خلال
طبقات القشرة الارضية القليلة الكثافة ، وإذا فانها آخر الموجات
التي تسجلها المراصد ، في حين تسري الموجات المتوسطة السرعة
خلال العيز الذي يوجد بين القشرة الخارجية والنواة المركزية
السائلة .

بناء على ما سبق أمكن تقسيم جسم الأرض الى ثلاثة مجالات متدرجة الكثافة بحيث يكون المجال الداخلي المشتمل على النواة الوسطى في داخله أعظم الثلاثة كثافة ، يحيط به مجال آخر هو الذي أطلقنا عليه اسم الغلاف الداخلي وهو أقل كثافة من النواة، ويأتي في النهاية مجال القشرة الخارجية وهو أقلها كثافة وسما .

قشرة الأرض :

يتراوح سمك هذه القشرة ما بين ١٥ و ٤٥ كيلومترا ، ويميزها عن الغلاف الداخلي نطاق يعرف باسم الموهو moho نسبة الى اسم العالم الذي اكتشفه ، وهو الحيز الأرضي الذي في نطاقه تبدأ سرعة موجات الزلازل في التزايد بشكل ملحوظ ، وذلك عند انتقالها من القشرة الى ما تحتها . وتتكون القشرة الأرضية من صخور شديدة المراس والصلابة ولذا فإنها تنكسر عندما تخضع لقوى الضغط ، هذه الصخور على نوعين : صخور حامضية وصخور قاعدية (شكل ١١) .



شكل (١١) تركيب القشرة الأرضية

١ - الصخور الحامضية : تتكون من معظمها من أنواع جرانيتية بالإضافة الى ما قد يعلو بعض بقاعها من صخور رسوبية ، ومتوسط كثافة

هذه القشرة الخارجية من الصخور الحامضية الجرانيتية حوالي ٢٠٧ وتكون من خليط من السيليكا بنسب كبيرة ، ومن الألومنيوم بنسب أقل . هذا ما دعا البعض لتسميتها بطبقة السيل (Sil) المشتقة من المقطعين الأولين من كلمتي Silica و Aluminum ، ويختلف سمك هذه الطبقة من مكان لآخر على وجه الأرض حيث أنها تبلغ أعظم سمك لها بجهات اليابس القاري المرتفع ، في حين أنها تختفي تماما من القشرة بمناطق القاع المحيطي بمعظم محيطات الأرض .

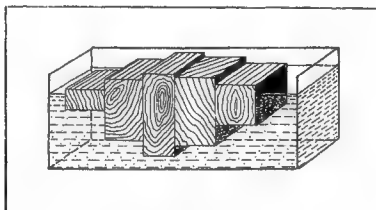
٢ - صخور قاعدية : تقل فيها نسبة السيليكا بشكل واضح وتحل فيها مادة المغنيزيوم محل الألومنيوم ، ومن ثم أطلق عليها اسم سيم سيم Sima المشتقة من المقطعين الأولين لكل من كلمتي Silica و magnesium وتبلغ كثافتها نحو ٢٠٦ وتؤلف طبقة السيم غلافا كاملا متصلا يدثر جميع بقاع الغلاف الداخلي للأرض . وهذه الطبقة لا تظهر فوق السطح إذ أنها بمناطق القاع المحيطي العميق تختفي تحت الماء ، وفي مناطق اليابس توجد أسفل القشرة الخارجية من الصخور الجرانيتية التي تحجبها عن السطح تماما . أي أن طبقة السيم المكونة من صخور بازلتية قاعدية تكون الطبقة السفلى من الغلاف الصخري لقشرة الأرض ، وهي على الرغم من شدة صلابتها فإنها تتميز بخاصية هامة هي أنها تتحول إلى حالة مرنة أو شبه منصهرة تحت ظروف الضغوط المتغيرة على ما ذكرنا سابقا .

توازن قشرة الأرض :

ما سبق يتضح لنا أن قشرة الأرض تتألف من مادتين مختلفتين في تركيبهما وخصائصهما الطبيعية ، وأبرزها خاصية الكثافة . بالإضافة إلى ذلك فإن سمك قشرة الأرض يختلف من مكان لآخر ، أو بعبارة أخرى يختلف ارتفاع كتلة السيل وهبوط طبقة السيم عن المستوى العام لسطح البحر ما بين بقاع الكرة الأرضية اختلافا بينا ، يبلغ أقصاه إذا

أخذنا في الاعتبار أعلى بقاع اليابس وهو قمة افرست نحو ٨٨٥٠ مترا وأبعد أغوار المحيط في خندق امدن Imden مثلا بالقرب من جزر الفلبين ويقدر غوره بنحو ١٢ ألف متر .

هذا التباين في القشرة الارضية بين ارتفاع وهبوط ، أو بالأحرى بين اعتماد واقتراب من مركز الأرض ، دعا الى الاعتقاد بأنه لابد أن يكون هناك نوع من التوازن بين بقاع قشرة الأرض المختلفة ، فلكسي تحتفظ الكتل القارية الخفيفة بتوازنها فوق طبقة السيماء الثقيلة أثناء دوران الأرض ، فان بعض العلماء يعتقدون أن جزءا كبيرا من الكتل اليابسة تفوص في مادة السيماء تحته على نحو ما تفوص كتلة من الثلج في وعاء به ماء ، وتعرف هذه الظاهرة بالنسبة للقشرة الارضية باسم ظاهرة التوازن الأرضي .



شكل (١٢) فكرة التوازن الأرضي

ويرى العالم الجيولوجي الأمريكي داتون Dutton أن كتلة اليابس بأشكالها المختلفة من جبال وهضاب وسهول ووديان تتعمق في تكوينات السيماء التي ترتكز عليها بمقادير تتناسب مع ثقل كل منها (شكل ١٢) . بمعنى أن التضاريس الموجبة من جبال وهضاب تتعمق في تكوينات السيماء التي ترتكز عليها بمقادير تتناسب مع الوزن الكبير لكل منها ، أي أنها

تتعمق في طبقة السیما لمسافات أبعد من تلك التي تتعمق بها التضاريس السالبة من سهول وأحواض . تلك الأجزاء الفائضة عبارة عن الجذور التي تحفظ توازن الكتل اليابسة الطافية فوق طبقة السیما .

فكتل اليابس في وضع توازني بسبب تغير ضغط كتل السيل ، فزيادة الضغط الناجمة عن إضافة وزن جديد لعمود السيل في بقعة ما ، يؤدي لهبوط في طبقة السیما تحتها ، ويكون لذلك استجابة مضادة في جهة أخرى ، ويتم ذلك بفضل خاصية المرونة والانسياب التي تتمتع بها طبقة السیما على نحو ما أوضحنا .

ويعترض التوازن الدقيق للقشرة للاضطراب بسبب تباير قوى الضغط ، حين تتعرض بقاع اليابس لعمليات النحت والتعرية ، فيخف وزن عمود السيل الضاغطة على مادة السیما في هذه البقاع ، بفضل ما أزيل منه من مواد ، وفي نفس الوقت تتعرض بقاع أخرى من وجه الأرض لارساب المواد التي أزيلت من كتل السيل في البقاع السابقة ، فتضيف هذه الرواسب وزنا جديدا على عمود السيل المرتكز على مادة السیما في تلك البقاع . ويحدث نتيجة لذلك أن البقاع التي يخف بها بعض ما كانت تحمل من أثقال تملو ، بعكس البقاع التي تراكمت عليها الرواسب فانها تهبط ، أو بعبارة أخرى تنساب مادة السیما المطاطة تحت الجهات التي تلقت الرواسب متجهة الى ما تحت الجهات التي أزيلت منها الرواسب حتى تتعادل الضغوط ، فتعود القشرة الأرضية بكتلتها البقعتين الى حالة التوازن .

ولكن ينبغي أن نلاحظ أن مادة السیما في حالة صلابة ، ولكي تكتسب صفة المرونة فانها لا بد من أن تتعرض للضغط أزمانا طويلة تقدر بمقاييس الأزمنة والعصور الجيولوجية وهنا نتساءل عما اذا كانت مثل هذه الحركات التوازنية تساعد على بقاء مناسيب سطح الأرض ثابتة ، حيث أن النحت والتعرية في بقعة ما يصحبه رفع من أسفل ، بينما الارساب في بقعة أخرى يصحبه ضغط وهبوط .

الواقع غير ذلك ، فعمليات الرفع والهبوط التوازنية تتم في بطء شديد ، دون معرفة عمليات النحت والارساب ، فاختلف المناسيب يرجع الى حد بعيد الى تفاوت سرعة العمليتين . كذلك يقال بأن الطبقات السطحية من القشرة الأرضية التي تتعرض للنحت والارساب ، هي بطبيعتها أقل كثافة من مادة السима ، لذا فان الارتفاع أو الهبوط الذي تتعرض له تلك البقاع ، أقل بكثير من كتلة المواد المزالة أو المرسبة .

بعبارة أخرى فان الجهات التي تتعرض للارساب ، يرتفع منسوبها على الرغم من انخفاض طبقة السима تحتها ، والعكس فان الجهات التي تتعرض للتعرية والازالة ينخفض منسوبها لضالة حركة الرفع الناجمة عن تمدد السима الى أعلى ، ويتخذ دليلا على ما سبق مثالان بدلتا نهر المسيسيبي والجليد القاري على كل من شمال أوروبا وأمريكا الشمالية .

دلتا المسيسيبي :

يجلب هذا النهر كل عام كميات هائلة من الرواسب يلقي بها الى خليج المكسيك ، مكونا دلتا متعددة الفروع ، ذات سمك عظيم ، وقد أثبتت الدراسات العلمية المبنية على أعمال الحفر ، أن هذه الرواسب النهرية حتى أبعد الاعماق التي أمكن الوصول اليها ، تتألف من رواسب شاطئية ، أي ارسابات مياه ضحلة قليلة العمق . وهذه الحقيقة تناقض العمق الكبير الذي توجد عليه الرواسب ، اذ كيف يفترض أنها أرسبت على عمق قليل ، بينما تتواجد الطبقات السفلى منها على أعماق سحيقة؟

التفسير الوحيد هو أن أعماق هذه الرواسب تراكمت في الماضي في ظل بيئة شاطئية قليلة العمق ، فلما زاد ثقل الرواسب بتوالي تراكمها ، وزاد ضغطها على طبقة السима أسفل الخليج ، ناءت قشرة الارض بها ، فهبطت طبقة السима تحتها ، وتوالى تراكم الرواسب فتكونت طبقة أخرى على نفس العمق الذي تكونت تحته الطبقة السابقة ، وقد استمرت هذه العملية حتى وقتنا الحالي ، ويقدر أن هناك الآن طبقة رابعة في سبيلها الى التكون .



شكل (١٣) الجليد البلايستوسيني في شمال أوروبا

الجليد القاري :

من أمثلة الحركات التوازنية أيضا ما شهدته الأجزاء الشمالية من قارتي أوروبا وأمريكا الشمالية التي طمرتها غطاءات جليدية هائلة في فترات متعاقبة خلال عصر البليستوسين من الزمن الجيولوجي الرابع، قضي قارة أوروبا انتشر الجليد البلايستوسيني في أواخر أدواره من كتلة شبه جزيرة اسكنديناو في مختلف الاتجاهات ، حتى غطى مساحة ٣,٨ مليون كيلومتر مربع من شمال القارة وغربها (شكل ١٣) ، وقد بلغ معدل سمك هذا الغلاف الهائل نحو تسعمائة متر ، مولدا بذلك ضغطا يعادل ٨٠ طنا على كل قدم مربع من القشرة الأرضية تحته ، كما انتشرت من جبال الألب غطاءات جليدية ثانوية الى الشمال نحو وسط القارة ، وإلى الجنوب تجاه أشباه الجزر في البحر المتوسط .

إزاء هذا الثقل المتزايد كان لابد أن تنحني قشرة الأرض تحت تأثير الضغط الهائل ، حتى ليقدر بأن الجهات التي انتشر فيها الجليد قد انخفض مستواها نحو ٢٥٠ مترا دون وضعها الراهن ، وبترجع الجليد

بحلول الفترة الدفينة نحو نهاية البلستوسين ، شغلت مياه البحر المناطق التي انخفضت من القارة ، فتحولت بذلك الى حوض داخلي غمرته مياه البحر ، ولكن لم يستمر هذا الوضع طويلا ، اذ لم تلبث حركات الرفع التوازني بعد زوال ثقل الجليد أن أدت الى عودة المنسوب الى ما كان عليه قبل تراكم الجليد ، فانكمش البحر بالتدريج ، حتى ليعتقد بأنه منذ بضعة آلاف من السنين ، كان كل من البحر البلطي وخليج فنلند أكثر اتساعا مما هما عليه في الوقت الحاضر ، كما ظهرت سواحل الترويج الفيوردية تدريجيا من تحت مياه البحر ، وما زالت مساحة بحر البلطيق أخذة في التناقص التدريجي حتى الوقت الحاضر . فقد قدر أن سطح الارض يرتفع بمعدل ٤٠ سم في أواسط السويد كل قرن واحد من الزمان وبمعدل متر واحد كل قرن في شمالي تلك البلاد .

وفي قارة أمريكا الشمالية ، انتشر الجليد من أربعة مراكز رئيسية هي جزيرة جرينلند ، وجزيرة بافن ، ومنطقة كيواتن الى الغرب من خليج هدسن ، ومنطقة شبه جزيرة ليرادور ، هذا فضلا عن مركز ثانوي خامس في جبال روكسي (شكل ١٤) ، التي انتشر منها الغطاء الجليدي شرقا وغربا حتى سواحل المحيط الهادي وجنوب ولاية كاليفورنيا . وقد نتج عن ذلك تغطية النصف الشمالي من القارة بالجليد ، بما في ذلك كل من كندا والقسم الاكبر من الولايات المتحدة ، مشتملا منطقة البحيرات العظمى ، حتى خط عرض مدينة سانت لويس على درجة عرض ٣٨ شمالا .

وقد أدى هذا الثقل الهائل لطبقات الجليد المتراكمة الى هبوط سطح الارض على شكل حوض مشابه لما أوردنا عن قارة أوروبا ، فما أن ذاب الجليد وتراجع عن سطح هذا الحوض حتى شغلته مياه البحر ، بما في ذلك خليج هدسن ، والبحيرات الخمس العظمى . ولكن ارتفاع سطح الارض بالتدريج ابان ذوبان الجليد الذي رزحت تحته هذه الجهات أدى الى انكماش المسطح المائي الملح صوب خليج هدسن ، وانفصلت البحيرات

الخمس العظمى عن المحيط ، وتحولت الى بحيرات داخلية ، تتلقى المياه العذبة ، وتنصرف مياهها الى المحيط عن طريق نهر سانت لورنس . ومن ناحية أخرى أدى انكماش القطب الجليدي على جزر الأرخيبيل الواقع الى الشمال من ساحل كندا الشمالي الى زيادة مساحة بعض الجزر مثل بافن وباري وغيرها من الجزر .



شكل (١٤) الجليد البلايستوسيني في أمريكا الشمالية

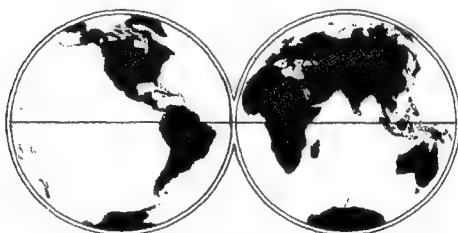
الفصل الرابع

توزيع اليابس والماء

لو أن سطح الكرة الأرضية كان بأكمله سهلا تام الاستواء ، يخلو تماما من كل تضرس ، لنقطته المياه الموجودة بأحواض المحيطات والبحار بلجة متصلة من المياه المالحة ، يبلغ سمكها نحو ٢٦٢ مترا ، فكان التوزيع العالمي من بر وبحر على وجه الأرض ، هو نتيجة لذلك التفاوت الزهيد بين مستويات هذا السطح ، أي بين مستوى الاغوار السحيقة التي تشغلها الأحواض المحيطية والبحار ، وبين مستوى الجهات البارزة التي تعلوها كتل القارات ، هذا التفاوت حقا قليل ، خاصة إذا عرفنا أن الغالبية العظمى من جهات سطح اليابس لا تعلو عن مستوى مياه البحر الا قليلا ، فمعدل منسوب الكتل القارية لا يزيد على ٧٠٠ متر ، بينما يقع الشطر الأعظم من القيعان المحيطية ، أو ما يعادل ٤١٪ من المساحة الكلية لسطح الأرض بين منسوب ٣٥٠٠ و ٥٥٠٠ مترا دون المستوى الحالي لسطح البحر ، كذلك تتضح قلة تفاوت المنسوب بين القيعان وظهور القارات إذا علمنا أن الفاصل الراسي بين أعلى قمم الأرض وأعمق أعماق المحيط هو ١٩٣٧ كيلومترا فقط ، أو ما يقرب من ١/٣٣٠ من نصف قطر الكرة الأرضية..

من حيث التوزيع العام لليابس والماء على سطح الكرة نلاحظ أن ٦١٪ من مساحة النصف الشمالي ، و ٨١٪ من مساحة النصف الجنوبي

تغطيها المياه (شكل ١٥) ، وهنا تجمل الإشارة الى المعنى المقصود بكلمتي بحار ومحيطات ، فالمحيطات هي المسطحات المائية الثلاثة الكبرى على ظهر الارض ، وهي المحيط الهادي والاطلنطي والهندي . أما البحار فهي عبارة عن المسطحات الصغرى بين الكتل القارية ، أو تلك التي تتوغل في داخل بعض القارات ، أو تمتد على سواحلها ، وتشمل البحار القارية الكبرى كلا من البحر المتوسط والبحر الاسود والمحيط المتجمد الشمالي ، وبحار شرق آسيا كبحر اختسك ، وبحر اليابان ، وبحار الصين ثم البحر الكاريبي ، وخليج المكسيك . ومن أمثلة البحار الصغرى بحر البلطيق وخليج هدسن والبحر الاحمر ، أما البحار الهامشية فتقع بمحاذاة الجوانب القارية لبعض المحيطات كبحر الشمال ، وبحر برنج ، وهي في المعتاد بحار أكثر عمقا من النوعين السابقين .



شكل (١٥) توزيع اليابس والماء بين نصفي الكرة

ويوضح الجدول التالي مساحة وكمية المياه ومعدل الأعماق بالمسطحات المائية الرئيسية في العالم ، ومنه سنلاحظ أن أكثر من نصف كمية المياه يحتويها محيط واحد هو المحيط الهادي ، وهو في نفس الوقت أكثرها عمقا .

المحيط أو البحر	المساحة بملايين الأميال المربعة	كمية الماء بملايين الأميال المربعة	متوسط العمق بالتقدم
المحيط الأطلنطي	٣٢	٧٨	١٢٩٠٠
المحيط الهادي	٦٤	١٧١	١٤٠٠٠
المحيط الهندي	٢٨	٧٠	١٣٠٠٠
البحار الكبرى	١٢	١٠	٤٤٠٠
البحار الصغرى	١	٠.١	٠.٥٠٠
البحار الهامشية	٣	٢	٢٨٥٠
المجموع الكلي	١٤٠	٣٣١.١	—

أما الجدول التالي فيوضح نسبة المساحات المائية في العروض المختلفة ، ومنه تلمس ارتفاع نسبة المسطحات المائية في العروض الوسطى بنصف الكرة الجنوبي عنها بالنصف الشمالي .

درجة العرض	النصف الشمالي مساحة ماء %	النصف الجنوبي مساحة ماء %
٧٠ — ٩٠	٧٥	٢٠
٥٠ — ٧٠	٣٧	٩٦
٣٠ — ٥٠	٥٣	٩٢
١٠ — ٣٠	٦٨	٧٧
٠ — ١٠	٧٧	٧٦

من الطبيعي أن نتساءل الآن عن أسباب توزيع الماء واليابس على هذا النحو ، وعما إذا كان مثل هذا التوزيع ثابتا دائما ، أم أنه متغير على مدى العصور والأزمنة الجيولوجية التي مرت بها الأرض خلال تاريخها الطويل . . هناك أحد احتمالين ، الأول ، هو إما أن تكون القارات والمحيطات ظاهرات ثابتة على ظهر الأرض منذ النشأة المبكرة لهذا الكوكب ، بمعنى أن يكون توزيع اليابس والماء على النحو الراهن قد ظل كما هو لم يتغير على مر العصور الجيولوجية ، بحيث بقيت المحيطات

كأحواض منخفضة مستديمة ، كما بقيت القارات كتنوعات بارزة ثابتة في مواضعها لم تتزحزح ، والاحتمال الثاني هو أن يكون نمط التوزيع الراهن لليابس والماء مجرد مرحلة من المراحل العديدة التي طرأت عليه بمعنى أن القارات والمحيطات لم تشغل دائما مواضعها الحالية ومن ثم تكون ملامح هذه التضاريس الأرضية الكبرى عرضة للتغير ، بحيث يمكن أن يستبدل كل منهما موضعه مع الآخر .

أولا - بافتراض صحة الاحتمال الاول الذي يناهز بأولية التوزيع وثباته ، هناك عدة فرضيات تفسر على ضوءها نشأة الأحواض المحيطية في فترة مبكرة بعد ميلاد الارض ، ويذهب بعض هذه النظريات الى ارجاع السمات الرئيسية لوجه الأرض الى احداث كونية هائلة ، تحقيق بالأرض فجأة من أبرزها ما يلي :

١ - نظرية فيشر : وتتلخص في أن اختفاء القشرة الجرانيتية من حوض المحيط الهادي يعود الى انفصال كتلة القمر عن الارض ، وما حوض هذا المحيط الهائل سوى الفجوة التي تخلفت عن هذا الحدث العظيم . لو حدث هذا بالفعل لكان هناك تشابه كبير بين الصخور السطحية للقشرة الأرضية وبين صخور وجه القمر ، وهذا في الواقع ما أثبتته العينات التي عاد بها رواد الفضاء الأمريكيين أخيرا بعد نجاح رحلاتهم التاريخية ، وعلى الرغم من قلة المعلومات التي كشفت عن هذه العينات ، الا أنه يستدل منها بصفة قاطعة على وجود علاقة وثيقة بين كوكبنا وتابعه القمر .

من ناحية أخرى هناك عدة اعتراضات وجهت الى هذه النظرية ، من أبرزها عدم امكان حدوث هذا الانفصال من الناحية الميكانيكية البعثة والأرض في حالة تصلب ، فاذا افترضنا أن الانفصال قد حدث حينما كانت الارض لم تزال جسما سائلا ، أو حتى خلال المراحل المبكرة من تصلبها ، فان المرونة التي تفترضها النظرية لاتتام عملية الانفصال لكفيلة بأن تؤدي الى التئام الفجوة واختفائها بعد ذلك مباشرة . وعلى

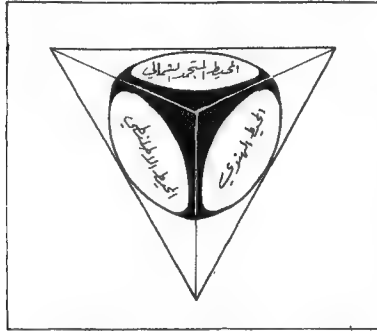
الرغم من هذا فإن التشابه الواضح بين حافتي حوض المحيط الهادي على الجانب الآسيوي الاسترالي ، والجانب الأمريكي ، ثم اختلاف هذه الجوانب عن بقية المحيطات ٠٠ كل هذا يدعو الى الاعتقاد بأن حوض المحيط الهادي فريد في نشأته ٠

٢ - نظرية هاريسون Harrison وجلفاري Gilvary : مفادها أن القشرة الجرانيتية اختفت من بعض المواضع على سطح الأرض حيث تقوم أحواض المحيطات ، وذلك عندما تعرضت الأرض في أحد العصور القديمة لتساقط مركز لأجرام سماوية صغيرة وشهب ، أدت الى تطاير المادة الجرانيتية واختفائها من مواضع الارتطام ، وشغلت المياه بعد ذلك جميع الفجوات العائدة فصارت محيطات ، والواقع أنه ليس بالسجل الجيولوجي للأرض ما يدل على وقوع شيء من هذا ٠

٣ - النظرية التتراهيدية Tetrahedral وقد نادى بها لوثيان جرين Lowthian Green حوالي منتصف القرن الماضي، وهي لا تعتمد على الطفرة أو أحداث من الخارج كالحال في الفرضيتين السابقتين ، بقدر ما تعتمد على التطور البطيء الذي مصدره باطن الأرض ، ويعتقد جرين بأن التوزيع الحالي لليابس والماء يتفق في مضمونه مع جوانب وأسطح منشور ذي أربعة أوجه مثلثة الأضلاع ، إذا ما ارتكز هذا المنشور على أحد رؤوسه ، في هذه الحالة تمثل سيبيريا وآلاسكا الجوانب العليا ، وأوروبا وأفريقيا الجانب الأوسط ، وكذلك تقع الأمريكتان على أحد الجوانب ، وآسيا وأستراليا على الجانب الآخر ، وتشغل المحيطات الأسطح الأربعة للمنشور، فيشغل المحيط المتجمد الشمالي -تجاوزا محيط الوجه العلوي ، يقابله على رأس الارتكاز الأسفل قارة أنتاركتيكا ، والمحيطات الثلاثة الكبرى هي الأوجه الثلاثة المتبقية من المنشور (شكل ١٦) ٠

ويؤيد هذه الفرضية بعض الظواهر التي تسترعي الانتباه للوهلة الأولى عند النظر لمنط توزيع اليابس والماء ، من ذلك زيادة نسبة اليابس في نصف الكرة الشمالي عنه بالنصف الجنوبي ، وظهور الكتل اليابسة على شكل مثلثات تتجه برؤوسها نحو الجنوب ، بعكس المحيطات

خاصة المحيط الهندي ، وهي جميعا تمتد على شكل مثلثات تتجه
برؤوسها نحو الشمال •



شكل (١٦) توزيع اليابس والماء حسب نظرية جرين

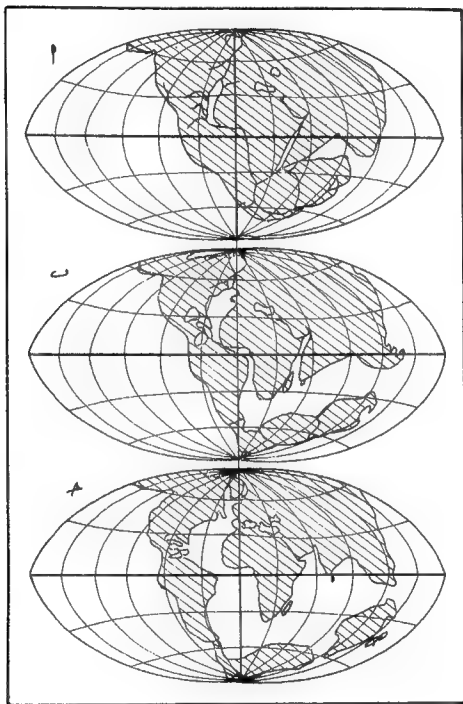
من مزايا هذه النظرية أنها تتفق مع الرأي القائل بأن الأرض تفقد
حرارتها بالتدريج ، مما يتبعه انكماش في كتلتها والتواء في قشرتها ،
ولكي تتناسب القشرة الثابتة المساحة مع الباطن المنكمش ، فإن الأرض
تتخذ شكلا قريبا من المنشور السابق وصفه ، حيث أنه أنسب الأشكال
التي يجتمع لها أكبر سطح لأصغر حجم ، ولكن يعيب هذه النظرية عيب
خطير هو أن عامل التوازن الأرضي لا يمكن أن يسمح للأرض باتخاذ
أي شكل آخر غير الشكل الكروي ، فأي خروج عن هذا الشكل سواء
لنمشور أو لغيره سيؤدي إلى اختلال التوازن إلا إذا عادت الأرض
شكلها الكروي •

ثانياً — أما إذا افترضنا قبول الاحتمال الثاني ، ونعني بذلك اختلاف
لنمط التوزيعي لليابس والماء خلال الازمنة الجيولوجية ، فإن هذا

يمكن أن يتم بأحدى وسيلتين : اما بواسطة حركات مركزية أي نحو مركز الأرض أو بعيدا عنه ، بحيث يمكن في الحالة الاولى أن تغور الكتلة القارية لتطمرها المياه ، وتصير جزءاً من أعماق المحيط ، وفي الحالة الثانية فإن مناطق من أعماق المحيط تنهض بعيدا عن المركز ، لتبرز فوق مستوى سطح الماء ، مكونة أرضا يابسة ، هذا بطبيعة الحال غير ممكن لانه قد تحقق الآن اختلاف أنواع الصخور وكثافتها بين المناطق القارية والمحيطية على نحو ما أوضحنا سابقا ، وبالتالي فهناك استعالة حدوث مثل هذا التغير ، أضف الى هذا أن الرواسب المحيطية العميقة لم يثبت وجودها قط على الأرض اليابسة ، كما أن الصخور القارية لا توجد قط في بنية الاحواض المحيطية العميقة تحت القاع .

أما الوسيلة الثانية لتغيير النمط التوزيعي فانها تكون بحركات أفقية تغير بواسطتها القارات مواضعها على سطح الأرض ، وهذا ما تنادي به احدى الفرضيات المعروفة والتي لاقت وما زالت تلاقي قبولا كبيرا وأعني بهذا نظرية زحزحة القارات *drifting continents* وقبل أن ندخل في بعض تفاصيل هذه الفرضية ينبغي أن نذكر. بأن أحد الاعتراضات الخطيرة التي وجهت اليها كانت تعذر تخيل القوة المحركة التي بواسطتها يمكن أن يتم تحريك كتل القارات على النحو الذي تفترضه هذه النظرية .

ولكن من ناحية أخرى يستند دعاء الحركة وتغير المواضع الى عدة أدلة ، من بينها وجود رواسب بحرية في جهات يابسة في الوقت الحاضر ، وهذا في نظرهم دليل على أن مياه البحر كانت في وقت ما تنمر هذه الجهات - وهذا صحيح - ولكن الملاحظ أن معظم هذه الرواسب تكونت في بحار ضحلة ، ومياه شاطئية ، كما هو الحال في طبقات الحجر الجيري الذي يتكون في بيئة مياه صافية . دليل آخر هو ما يمكن أن نسميه بالقارات البائدة ، التي كانت في وقت ما تجاور ما يعرفه الجيولوجيين باسم البعار الجيولوجية *geosynclines* من هذه القارات اشتقت الرواسب التي ملأت البحار الجيولوجية المجاورة ، حتى انخفض مستوى القارات



شكل (١٧) فكرة زحزحة القارات

فتلاشت ، وغطتها المياه ، وأصبحت جزءا من البحار ، في حين ارتفعت قيعان البحار الجيولوجية المطمومة ، مكونة سلاسل جبلية ، وأرضا يابسة ، ما زالت بقاياها شاخصة في الوقت الحاضر ، مثال ذلك قارة ميلانيزيا في جنوب شرق آسيا وقارة أتلانتس التي وجدت بشمال غرب أوروبا أثناء انطمام البحر الكاليدوني ، وقارة أبلاشيا التي كونت رواسبها جبال الأبلش ، وقارة كاسكينديا شمال غرب أمريكا الشمالية . ولنعرض الآن لبعض الفرضيات التي تستند على الحركة :

١ - نظرية الزحزحة :

نادى بها فجنر الالماني سنة ١٩١٢ الذي يذهب الى أن اليابس في أواخر العصر الفحمي كان يتجمع كله في كتلة واحدة كبيرة ، عرفها باسم قارة بانجايا Pangea ، التي كانت تتمركز حول القطب الجنوبي ، وتحيط بها المياه في بحر عالمي من جميع الجهات (شكل ١٧) . وبانتهاء العصر الكربوني تعرضت هذه الكتلة لعوامل الانكسار والانشطار ، وأخذت أجزاؤها المتناثرة تتحرك بعيدا عن بعضها البعض ، حتى شغلت في النهاية مواضعها الحالية ، وبذلك انقسم المحيط الكبير الذي كان يحيط بجزيرة بانجايا الى عدة مسطحات مائية ، تتوزع فيما بينها كتل اليابس على النحو التي هي عليه الآن ، يساند هذه النظرية الظواهر التالية :

(أ) - تشابه أنواع الصخور وظروف البنية والتركيب الجيولوجي على كلا جانبي المحيط الأطلنطي ، الذي انفرج على حد تعبير النظرية نتيجة لابتعاد اليابس الأمريكي في حركته صوب الغرب ، فالالتوائين الكاليدوني والفارسكي في أوروبا يقتربان أحدهما من الآخر في بريطانيا غير أنهما لا يلتقيان ويتم تقاطعهما الا على الجانب الآخر من المحيط ، أي بشرق أمريكا الشمالية .

(ب) - امكان انطباق السواحل الشرقية والغربية للمحيط الأطلنطي ، مما يعزز القول بأن الكتل اليابسة على كلا جانبي هذا المحيط كانت في وقت ما ملتصقة في كتلة يابسة واحدة .

(ج) - تشابه بعض الحفريات النباتية المعروفة باسم *Glassoptris* التي عثر عليها في قارات نصف الكرة الجنوبي . كذلك تشابه بعض الفصائل الحيوانية ، كحيوان الكنجر والذي يوجد حاليا بأستراليا وعدد من جزائر المحيط الهادي ، مثل هذا التشابه لا يمكن أن يتم الا اذا كانت هناك صلة برية قديمة بين هذه الكتل القارية ، وقد دعا هذا البعض الى الاعتقاد بوجود معاير يابسة كانت تصل بين قارات نصف الكرة الجنوبي خلال حقبة ما من تاريخ الارض .

على أن أهم اعتراض واجهته النظرية كما ذكرنا ، هو تعذر توافر القوة التي كانت سببا في تحرك الكتل اليابسة في اتجاهات مختلفة من موضعها الذي افترضت النظرية وجوده حول القطب الجنوبي ، الى الاماكن التي تشغلها حاليا . فالقوة الطاردة المركزية الناجمة عن دوران الارض ، وقوة المد الناتجة عن جذب كل من الشمس والقمر ، لا يكفيان وحدهما لاحداث الحركة ، حتى ولو تضاعفت هذه القوى ملايين المرات عما هي عليه في الوقت الحاضر ، يضاف الى هذا أنه على الرغم من تشابه ظروف البنية بين ساحل المحيط الأطلنطي الغربي والشرقي ، الا أن انطباق أحدهما على الآخر تماما أمر متعذر ، فانطباق الساحل الغربي لقارة أفريقيا على الساحل الشرقي لقارة أمريكا الجنوبية غير ممكن لوجود اختلاف قدره ١٥° بين الزاويتين .

وثمة صعوبة أخرى تواجهها هذه النظرية وهي أنه لو كانت عملية الزحزحة قد تمت خلال العصر الكريتاسي كما افترض فجنر ، فإن المحيطين الأطلنطي والهندي أحدث بكثير من المحيط الهادي الحالي ، الذي يمثل بقايا المحيط القديم والذي كان على حد زعم النظرية يحيط بقارة بنجاليا ، ولكن ليس هناك دليل واحد يثبت أن المحيط الهادي يشتمل على رواسب بحرية من ارسابات المياه العميقة أكثر سمكا أو أقدم عمرا من تلك التي وجدت بالمحيطين الآخرين .

على الرغم من هذه الاعتراضات الخطيرة فقد اكتسبت نظرية الزحزحة

حديثاً أنصاراً جديداً بعد أن زعم البعض بأدلة واضحة أن اليابس الأمريكي في حالة حركة بطيئة دائمة بالفعل ، كذلك يقال بأن الكتلة الغربية لشبه الجزيرة تتحرك شرقاً تجاه الخليج العربي بضعة سنتيمترات في العام ، كما أن ساحل أفريقيا وأمريكا الجنوبية اللذان يحدها المحيط الأطلنطي الجنوبي يمكن انطباقهما تمام الانطباق ، إذا أخذنا في الاعتبار المنحدر القاري المطمور بالماء مقابل كلتا الكتلتين حتى عمق ٢٠٠٠ متر ، حينئذ فقط يزول الفرق ، وتسد الفجوة ، وتنطبق كتلة أمريكا الجنوبية على كتلة أفريقيا المقابلة ، دون ما حاجة إلى الرجوع إلى ما ذكره البعض من أن عدم الانطباق سببه أن شريحة من اليابس القديم قد تغلفت وبقيت في الوسط ، فطمرتها المياه ، مكونة ما تعرفه الآن باسم الحافة الوسطى بالمحيط الأطلنطي ، وقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك بأن هذه الحافة تغلو من المواد الجرانيتية المكونة لكتل القارات .

٢ - ثمة فرضيات أخرى ، تعتمد كأساس لها على نوع من الحركة الرأسية المتباعدة من مركز الأرض ، ولكنها حركة تتحول إلى اتجاه أفقي مماثل لقشرتها في الحيز الخارجي . فالأرض - تبعاً لهذه الفرضيات - قد مرت بحالة السيولة قبل أن تبرد وتتصلب قشرتها على ما هي عليه الآن ، وفي هذه الحالة من البديهي أن تنشأ تيارات حمل *Convection currents* في المادة السائلة ، فوق الجهات التي توجد أسفلها تيارات حمل صاعدة من المركز نحو السطح تتكون المحيطات ، إذ تنجذب عن مواضعها المواد الجرانيتية ، فتتجلى جانباً . وحيث تهبط التيارات في مواضع أخرى ، فإنها تسحب معها المواد الجرانيتية الخفيفة ، فتتراكم وتعلو مكانها القارات ، ولعل أفضل تشبيه لميكانيكية هذه الفرضية ما يحدث لناع به سائل غليظ اللزوجة كالعسل حين يوضع على موقد ، فالزبد يرى وقد انزاح فوق تيارات الحمل الصاعدة ، ليتراكم في فقاعات فوق النقاط التي تهبط فيها تيارات الحمل .

الفصل الخامس

عوامل تشكيل سطح الأرض

تعرضت قشرة الأرض بعد تكوينها لعدة عوامل أدت الى ظهور ما بسطحها من تضرس وتفاوت من المناسيب بين بقعة وأخرى ، وما زالت هذه العوامل دائبة على تغيير معالم السطح وتشكيله ، منذ النشأة المبكرة وحتى الآن . ويميز الباحثون بين مجموعتين من هذه العوامل ، تعملان في اتجاهين متعارضين ، أولها العوامل الداخلية أو الباطنية Endogenetic Agents ومصدرها جوف الأرض ومن شيمها البناء ، اذ تؤدي الى تخنيق مظاهر التضرس الكبرى ، فتعمل على عدم انتظام السطح ، وتباين مستوياته ، بأن ترفع بعض بقاعه ، وتنور بالبعض الآخر ، فهي بذلك تعارض عمل المجموعة الاخرى من العمليات ، التي يطلق عليها اسم العوامل الخارجية أو الظاهرية Exogenetic Agents ، ومن شأنها العمل على تسوية وجه الأرض ، بأن تنحت ما برز منه ، وتحمل حطام الصخور من هناك ، لتلقي بها في البقاع الغائرة .

وقد كان الاعتقاد السائد من قبل ، أن أشكال سطح الأرض من جبال وهضاب ووديان وسهول وأغوار ، ترجع لنشاط مجموعة العوامل الباطنية وحدها ، أي الى قوى جوف الأرض ، وما ينجم عنها من نهوض وارتخاء ، أما الآن ، فقد ثبت أن هناك تازرا بين المجموعتين من العوامل الباطنية والخارجية ، في صياغة قسمات السطح المختلفة ، وقلما تتغلب مجموعة

العوامل الخارجية ، فتمحو كل أثر أحدثته المجموعة الاخرى من العوامل الباطنية على مر الزمان .

أولا - العوامل الباطنية

قشرة الارض أبعد ما تكون عن الثبات والاستقرار ، فهي دائما أبدا عرضة لحركات تكتونية داخلية ، ونشاط باطني لا يهدأ ، ليس أدل على ذلك من وجود مناطق من التكوينات الصخرية ذات الطبقات ، التي تحمل مستحجزات لكائنات بحرية ، في جهات يابسة ، تبعد الآن مئات بل آلاف الكيلومترات عن البحار . ولا شك أن هذه الصخور التي كانت في وقت ما مطمورة بماء البحر ، قد تعرضت لقوى ضغط باطنية شديدة ، أدت الى رفعها ، وانحسار مياه البحر عنها ، وظهورها على شكل كتل يابسة ، في الوقت الذي تعرضت فيه طبقاتها ، التي كانت أفقية في بادئ الامر ، الى عوامل الطي فتجمدت وانكمشت ، أو تصدعت وتكسرت .

كذلك وجود الصخور المتبلورة ، من مركبات جرانيتية أو بازلتية ، فوق سطح الارض ، دليل على ما اعترى بعض الجهات من اضطرابات باطنية ، سببت رفع الأجسام الصخرية من الأعماق الى السطح ، على شكل كتل اندفاعية جسيمة ، أو على شكل طفوح بازلتية سطحية ، أو صخور منصهرة ، تعرضت بعد ذلك للبرودة والتصلب على ظاهر الارض .

ويميز الدارسون بين نوعين من النشاط الباطني ، الاول من البطء والدأب بحيث لا يستطيع الانسان أن يلمس آثاره في عمره القصير ، ولكنه يستدل عليه فيما يشاهد من آثار واضحة ، لا مجال للشك فيها . أما النوع الثاني من النشاط الباطني فسرير مفاجيء ، نحسه ونقرأ عنه بين الحين والآخر ، ونعني بذلك الزلازل والبراكين ، وهي رغم عنفها ، فانها ذات آثار محدودة في مجال تشكيل سطح الارض ، وان كانت آثارها شديدة الواقع فيما تحدث من دمار وخراب أحيانا .

الحركات البطيئة :

هناك بعض بقاع ساحلية كانت مطمورة في وقت ما تحت ماء البحر ، ولكنها الآن تقع على ارتفاع عشرات الامتار فوق مستواه الحالي ، وأقرب الأمثلة لدينا على ذلك التكوينات المرجانية ، التي بنتها الكائنات البحرية في مياه البحار الدافئة ، والتي توجد اليوم كشطوط عالية بكثير من سواحل البحر الاحمر ، ومنها ما يوجد على ارتفاع بضعة أمتار الى خمسة وأربعين مترا فوق مياه خليج العقبة ، على بعد بضعة كيلومترات جنوب ميناء العقبة الاردني .

وشمة مثال تقليدي على حركات القشرة البطيئة ، مأخوذ من أطلال سوق رومانية قديمة تعرف باسم معبد سيرابيس serapis الى الغرب من مدينة نابلي الإيطالية ، فالأعمدة الثلاثة التي بقيت منتصبة فوق أطلال ذلك المعبد حتى يومنا هذا ، ترصعها ثقوب كائنات بحرية marine clam لارتفاع يبلغ نحو ستة أمتار فوق أرضية المعبد ، وما زالت بعض أصداف هذه الكائنات عالقة في الثقوب . وعلى مقربة من أطلال المعبد توجد أصداف هذه الكائنات بأعداد لا تحصى في رواسب تكسو أسطح بعض الجروف الأرضية ، ترتفع بمقدار سبعة أمتار فوق منسوب البحر الحالي ، كما أن نفس الكائنات تعيش اليوم بالمياه الشاطئية في تلك البقعة .

لا يمكن تعليل هذه الظاهرة بارتفاع منسوب سطح البحر في وقت ما أمام تلك البقعة بالقدر الذي سمح بغمر الأعمدة ، ثم عودة المنسوب بعد ذلك للهبوط الى مستواه الحالي ، في حين ظل منسوب سطح الارض بمنطقة الأطلال ثابتا ، لأنه لو حدث ذلك لوجدت آثار مشابهة بالمناطق الساحلية الاخرى على نطاق كوكبي ، وهو أمر لم يثبت قط . ومن ثم فإن التعليل المقبول حينئذ ، هو أن سطح اليابس بالبقعة المذكورة ، قد هبط ثم ارتفع خلال فترة وجيزة للغاية ، أي فيما بين العصر الروماني كما يدل عمر الأطلال ، وبين ١٥٠٠ ميلادية ، حيث يعتقد أن حركة الرفع قد حدثت . كذلك خضعت بعض مناطق ساحلية أخرى للهبوط تحت سطح الماء ،

وكانت حتى عهد قريب أرضا يابسة ، من ذلك ما دلت عليه أعمال المساحة الدقيقة شمال جزر الألوشي وألاسكا ، حيث سجلت بعض التلال والحافات الجبلية الغائصة في مياه المحيط ، قريبا من سواحل هذه البقاع ، وقد لوحظ أن شبكات من الأودية، شبيهة بما يوجد على البر في الوقت الحاضر، تمزق سطح هذه الحافات وتفصل بينها ، ومن ثم فالتعليل الممكن لهذه الظواهر ، هو أن تلك البقاع كانت في وقت ما جزءا من اليابس ، شكلته عمليات التعرية النهرية ، قبل أن تتعرض الأرض لحركات الهبوط الباطني ، حتى طمرتها المياه بعمق يزيد على أربع مائة متر .

وأمثلة هذه البقاع الفارقة متعددة ، منها السواحل الخليجية بشرق الولايات المتحدة الأمريكية ، وخليج سان فرانسيسكو بكاليفورنيا ، والقسم الجنوبي من بحر الشمال .

وتنقسم الحركات الباطنية البطيئة التي تصيب قشرة الأرض الى نوعين ، حركات تعمل في وضع رأسي ، أي من أسفل الى أعلى ، والعكس، ومصدرها باطن الأرض ، وتعرف عادة باسم الحركات البائية للقارات Epeirogenic ، ثم حركات أخرى تعمل في وضع أفقي ، في اتجاه مواز لسطح الأرض ، وتعرف بالحركات المكونة للجبال Orogenic . ويلاحظ أن هذين النوعين من الحركات وان تمايزا ، الا أنهما مرتبطتان ، فالحركات الرأسية ، سواء كانت الى أعلى أو الى أسفل ، تصبحها في العادة حركات أفقية ، ونفس الشيء يقال عن الحركات الأفقية ، فسلال جبال الطي كما سنرى وان كانت نتيجة مباشرة لقوى الضغط الأفقي التي تسبب تجعد الرواسب ، الا أن تكوين مثل هذه السلاسل يصبحه حركات نهوض رأسية قد تستمر لفترات طويلة بعد انتهاء حركة الطي ، ومن ثم تكتسب الجبال مناسيبها الشاهقة بالتدريج .

نشأة الاراضي الجبلية :

الحركات الأفقية هي المسؤولة عن نشأة معظم السلاسل الجبلية ، وسيلة هذه الحركات في خلق الجبال تتلخص في قوى الشد والضغط التي

تمارس على بقاع معينة من القشرة الارضية ، فتحدث لذلك تشوهات تستجيب لها الصخور بالطي أو التصدع ، وقد تعرضت معظم صخور القشرة لنوع أو لآخر من التشوهات ، فتغيرت لذلك خصائصها الطبيعية والكيميائية . ويصاحب حركات التشوه والرفع عادة اندساس كتل هائلة من صخور الجرانيت وغيره من الصخور النارية ، مثل صخور الجابرو والبازلت التي تنبثق الى السطح . ومع هذا ينبغي أن نذكر بأنه لا يشترط أن تكون جميع التكوينات الرسوبية الكبرى على وجه الارض قد أصابها التشوه والنشاط الناري ، فهضبة كولورادو الامريكية رفعت طبقاتها أكثر من ١٥٠٠ مترا دون تشوه يذكر .

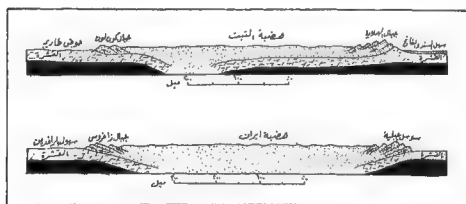
يعتقد بأنه لكي تتكون سلسلة من الجبال ببقعة ما من سطح الارض ، فلا بد أن تمر بسلسلة من الأحداث ، تبدأ بتراكم الرواسب في طبقات يبلغ سمكها آلاف الأمتار ، في أحواض كبرى تحت ظروف مياه ضحلة ، فيما يعرف باسم البحار الجيولوجية *geosynclines* ، يتبع ذلك تصلب هذه الرواسب وتماسكها كصخور صلبة في عملية تعرف باسم التحجر *lithification* ، وأخيرا تأتي الحلقة الأخيرة في هذه السلسلة بتعرض تلك الطبقات للضغط ، فتتشوه وتتشوه ، لتبرز أرضا يابسة فوق مستوى مياه البحر الذي أرسيت فيه .

وترتبط البحار الجيولوجية في نشأتها بما تتعرض له قشرة الارض من تفضن أو تجعد ، بسبب عامل فقدان الحرارة الباطنية بالتدرج ، فالارض اذ مرت في تاريخها المبكر بحالة من السيولة والانصهار لارتفاع درجة حرارتها ، فانهما مع مضي الزمن فقدت الكثير من تلك الحرارة ، خاصة من غلافها الخارجي المواجه للفضاء ، ومن ثم تصلب هذا الغلاف أولا ، وبلغ أقصى درجات البرودة فثبتت كتلته .

وفي نفس الوقت ظلت حرارة الباطن عالية ، وما برح هذا الباطن يفقد حرارته وينكمش ، أي يتضائل حجمه بالتدرج ، لهذا فانه يتمتع على الغلاف الخارجي الثابت من حيث الحجم والمساحة ، أن يتلازم مع

الباطن المنكمش المتضائل تحته ، وهذا بطبيعة الحال لا يتأتى الا اذا تفضن الغلاف واقتضبت مساحته فتجمد ، ويترتب على ذلك تولد قوى ضغط تعمل على تشوه صخور القشرة الخارجية وطليها وتكسرها - هذه العمليات اذن هي مصدر الطاقة التي أدت الى رفع بعض بقاع القشرة ، وتعرضها للتعرية ، التي اشتقت منها الرواسب ، وحملتها وسائلها لثملأ بها البحار الجيولوجية ، تلك البحار هي التجمذات الحوضية المقمرة التي نشأت حتما فيما بين البقاع التي برزت من القشرة - ينبغي أن نشير هنا الى أن جميع العمليات السابقة تطلب انجازها أزمانا سحيقة ، فالبحار الجيولوجية لا تنشأ بين يوم وليلة بل انها تمر بمراحل طويلة من التشكل والتطور ، تبدأ بانحناء بطيء الى أسفل على طول مساحة من القشرة ، فتغور وتنصب اليها الرواسب التي يساعد تزايد ثقلها على استمرار هبوط القاع تحتها ، ومن ثم فان هذا الموضع يظل يغور كلما أضيفت اليه أثقال جديدة ، حتى تبلغ الرواسب على القاع الهابط عمقا تصبح معه محاطة من جميع جهاتها بمواد القشرة الباطنية الأكثر كثافة . عندئذ تتوقف عملية الهبوط ويصبح من المتعذر استقبال أية كميات أخرى من الرواسب فيصّل البحر الجيولوجي مرحلة الامتلاء التام . بعد ذلك تأتي مرحلة الحركة والتشوه ، فأثناء انطمام البحار الجيولوجية وامتلائها بالرواسب تظهر للوجود عوامل أخرى تفضي مباشرة لحركات البناء والرفع التي تبرز الجبال ، ويبدو أن هذه العوامل لا تظهر الا بعد أن يبلغ سمك الطبقات المترسمة على قيعان البحار الجيولوجية حدا أدنى يقدر بنحو عشرة آلاف متر ، لأنه لم يعرف حتى الآن من سلاسل الجبال ما قل سمك الرواسب التي نشأت عنها عن هذا الحد ، وعند هذا العمق تصبح الرواسب المدفونة عرضة لحرارة الباطن الشديدة ، فتهن مقاومتها للضغط الخاضعة لها ، ولذا فانها تشنني في حديبات مقوسة الى أعلى ، بدلا من أن تغوص هابطة ، فتبدأ بذلك مرحلة تكون سلاسل الجبال ، واذا استجابت الصخور قرب السطح للضغط بالتفلق والتكسر ، فانها في الاعماق تلين وتمط وتغير من أشكالها وكتلتها حين تنساب في بطء أثناء طيها .

في هذه المرحلة تندس أجسام من الصهر أو المهل في تضاعيف الطبقات الصخرية المنطوية ، حتى ليقال بأن التعمية الداخلية لجميع السلاسل الجبلية الكبرى على وجه الارض قد غزتها كتل عظيمة من الجرانيت ومركبات الصخور النارية ، استمرار حركات الضغط على جوانب البحار الجيولوجية مقرون بتمدد الصخور حين تسخن وتنصهر بالاعماق ، كلها من العوامل التي تساعد على رفع الكتلة الارضية برمتها بعيدا عن الباطن، فالصخور على جوانب البحار الجيولوجية تندفع الى أعلى وإلى الخارج على طول فوالق هائلة تصدع القشرة ، وتكون مساحات من الاراضي الملتوية ، في حين أن صخور البقاع الوسطى من البحار ترتفع الى أعلى مكونة الهضاب المستوية نسبيا كما هو موضح (شكل ١٨) .



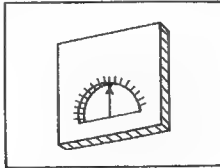
شكل (١٨) نشأة جبال العلي والهضاب البينية

بنية الصخور المشوهة :

يبرز التركيب البنائي للصخور المشوهة بوضوح من خلال القطوع التي تحدثها المجاري النهرية حين تتمق أوديتها في كتل الجبال والاراضي المرتفعة ، فجوانب الأودية الخانقية عبارة عن مقاطع جيولوجية تعرض للعيان التراكيب والبنيات الداخلية لطبقات القشرة وصخورها المندمجة ، التي لا تظهر بأسطح البقاع المنبسطة حيث تخفي الطبقات السطحية أو أغطية التربة معالم البنية تحتها ، ولدينا على ذلك أمثلة عديدة نذكر

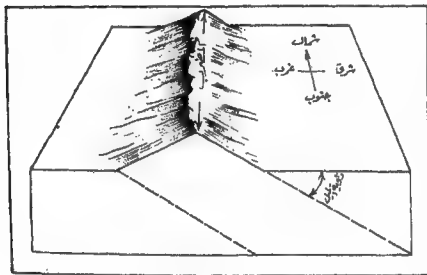
منها وادي الزرقاء والموجب والحسا وغيرها كثير من المجاري النهرية والأودية الخانقية ، خاصة قرب مصباتها في البحر الميت ، أو عند دخولها منطقة الغور على مناسيب دون سطح البحر . من خلال هذه المقاطع تشاهد الطبقات الصخرية المنتمية لمصور جيولوجية مختلفة وقد التوت أو انطوت وانقلبت ، في حين تصدع بعضها وتكسر ، على أنه كثيرا ما توجد طبقات الصخور الرسوبية في أوضاع أفقية تقريبا فوق مساحات واسعة من سطح الأرض ، ويدل هذا على هودة الحركات الأرضية التي تعرضت لها مثل هذه الطبقات أثناء رفعها فوق منسوب المياه التي تكونت فيها ، أو تمتع السطح باستقرار نسبي إذا كانت الرواسب من الأنواع القارية التي توضع فوق أرض جافة .

ولكن يندر أن تكون كتل الصخور الطباقية في أوضاع أفقية تماما ، بل الغالب أن تميل في اتجاهات متباينة بدرجات متفاوتة ، ويقدر هذا الميل بمقدار الزاوية العادة التي يحدثها سطح الطبقة المائلة مع المستوى الأفقي ، وهذا ما يعبر عنه بزاوية الميل angle of dip وتتراوح ما بين ١ و ٩٠ ويكون الميل في اتجاه معين يعرف باسم اتجاه الميل ، ويقاس هذا الاتجاه بواسطة البوصلة العادية ، أما مقدار زاوية الميل فيقاس بجهاز بسيط يسمى الكلينوميتر clinometer ، وهو عبارة عن مسطرة مثبت في وسطها نصف قرص مدرج من الممدن ، صفر تدريجه في المنتصف ومقسم إلى ٩٠ تدريجا على الجانبين ، معلق في محور القرص من أعلى مؤشر يتحرك طرفه الأسفل فوق القرص بسهولة (شكل ١٩) ، فإذا وضعت



شكل (١٩) فكرة الكليتوميتر

المسطرة فوق سطح منضدة أفقي تماما استقر المؤشر على صفر التدريج ، فإذا رفع أحد جوانب المنضدة قليلا فمال سطحها بقي المؤشر في وضع عامودي في الوقت الذي يشير فيه الى درجة الميل الناتجة عن الرفع - ويسمى الخط الأفقي العامودي على اتجاه ميل الطبقات باسم مضرب الطبقة strike ، وهو كاتجاه الميل يقاس بالبوصلة أيضا - وعلى ذلك فالطبقات التي تميل شرقا أو غربا يكون مضربها شمالي جنوبي أو بالاختصار شمالا (شكل ٧) .

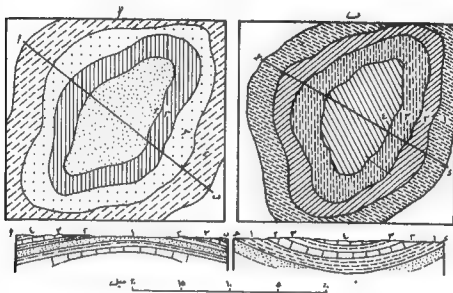


شكل (٢٠) الميل والمضرب

أنواع التشوهات :

أولاً - التقيب : Doming ، تصاب الصخور أحياناً بتشوهات تؤدي إلى تقوسها بحيث تميل طبقاتها في كافة الاتجاهات ، بعيداً عن منطقة مركزية في حالة القباب domes ، أو نحو نقطة مركزية في حالة الأحواض التكتونية . ويختلف التعبير عن النوعين من البنيات على الخرائط والمقاطع الجيولوجية متى تعرضت هذه البنيات للتعرية فانكشفت مكوناتها ، ففي حالة القباب توجد أقدم التكوينات الصخرية تجاه قلب القبة ، وأحدثها نحو الأطراف ،

على العكس. تبدو أحدث التكوينات في حالة الأحواض نحو أواسطها ،
وأقدامها تجاه الحواشي كما هو موضح بالرسم (شكل ٢١) .



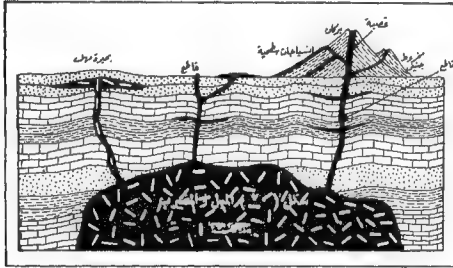
شكل (٢١) القباب والأحواض التكتونية

والبنيات القبابية على أنواع :

١ - قباب نارية النوايا : قد تكون النوايا النارية بهذا النوع من القباب على شكل كتل عدسية مقوسة الى أعلى ، تعرف باسم الباثوليث Batholith ، ويعتقد بأن اندساس هذه الاجسام من الصخور النارية تحت وفي تضاعيف الصخور الرسوبية هو السر في حركة الالتواء والتقوس الى أعلى ، بيد أنه قد لوحظ أن كتل الصخور النارية في بعض الحالات يرجع عمرها الى عصور سابقة على حركة التقبب ، من ذلك قبة التلال السوداء Black Hills في داكوتا الجنوبية وشرق وايومنغ بأمريكا ، حيث قدر أن عمر النواة النارية بهذه القبة يرجع الى عصر ما قبل الكامبري ، في حين أن حركة التقبب تنتمي لحركة اللاراميد Laramide Revolution التي حدثت نحو نهاية الزمن الجيولوجي الوسيط mesozoic . وتتابع التكوينات الصخرية في هذه القبة المنهارة من الداخل الى الخارج على النحو التالي : أولا توجد

صخور جرانيتية ، فأخرى متحولة من رالشست تشغل المنطقة المركزية من التلال ، تحيط بها بعد ذلك طبقات من الحجر الجيري ، والحجر الرملي نحو الحواشي .

أحيانا تكون الاجسام الصخرية النارية الموجودة بنوايا القباب على شكل عدسات مسطحة أو مقلوبة ، أي مقعرة نحو السطح ، محدبة نحو الباطن فيما يعرف باسم البحرات الصخرية Laccolithic ، وفي هذه الحالة تندس مصهورات الصخور النارية بين تضاعيف الطبقات الرسوبية عن طريق سطوح الانفصال ، فتجمد بينها على شكل صحاف متباينة السمك ، أو سدود أفقية قليلة الأثر في تشويه الطبقات (شكل ٢٢) ومن أبرز أمثلتها مرتفعات هايوود .



شكل (٢٢) الانلساسات النارية

وهناك نوع من القباب يعرف باسم البنيات البركانية الموءدة cryetovolcanic structures ويعتقد أن هذا النوع نتج عن انطلاق الغازات البركانية فجأة من جوف الارض ، ولكنها ظلت محتبسة على أعماق بعيدة من السطح ، مسببة انتفاخ التكوينات الصخرية حولها ، ومن المرجح أن

تكون هذه العملية تعبيراً دقيقاً عن براكين كظيمة ، لم تتمكن من الخروج الى النور ، وقد عرف هذا النوع من القباب أول الامر بحوض شتاين هايم Steinheim B. بجنوب المانيا وأمكن التعرف على عدد منها بعد ذلك بالولايات المتحدة ومن بينها قبة Hicks بمقاطعة هاردن Hardin بولاية لينوي وغيرها بولاية كنتكي وانديانا وتنسي وأبرز المعالم المشتركة بين جميع هذه القباب أشكالها الدائرية وارتفاع أواسطها ، وتميزها بخطوط التصدع ، التي تعبر عنها نطاقات من الصخور طحنت وسعقت بفعل حركات التصدع المزمنة .

كذلك تتشابه هذه القباب في عدم وجود أي نوع من الصخور البركانية على السطح أو قريبا منه ، وتتراوح أقطارها في المعتاد بين ثلاثة وخمسة كيلومترات ، كما يرتفع بعضها ما يقرب من ٥٠٠ متر فوق مستوى الارض المحيطة به . وقد يكون التعبير الطبوغرافي لهذه البنيات موجبا ، بمعنى أنها تمثل مرتفعات بارزة على هيئة تلال منفردة اذا كانت الصخور التي تشكلها من أنواع صلبة شديدة المراس ، والعكس اذا كانت الصخور رخوة فإن التعبير الطبوغرافي للتقرب في هذه الحالة يكون ساليا أي أنها تشكل منخفضات حوضية غائرة دون مستوى ما حولها من أرض .

٢ - القباب الملحية Salt Domes : وهي عبارة عن بنيات قوسية صغرى ، مردها اندساس أجسام من الرواسب الملحية بين طبقات الصخور ، ومن ثم جاءت التسمية ، وتتراوح هذه القباب في أشكالها بين محدبات طولية ، وبين قباب متكورة متسطحة ، قلوبها من الملح الصخري ، تغلفها طبقات من الجبس والجبس المائي anhydrite والحجر الجيري أو الدوليت ، ولا تزيد أقطارها في المعتاد على بضعة كيلومترات ، وتوجد أحسن أمثلتها بمنطقة ساحل الخليج بولايتي تكساس ولويسيانا وبجبال هارتز الالمانية وسهول شمال ألمانيا وعلى الجانب الجنوبي من مرتفعات الكريات كما أنها تعرف أيضا بكل من رومانيا والجزيرة العربية والجزائر والمغرب .

كالحال في الانواع السابقة قد يكون التعبير الطبوغرافي لهذه التراكيب

البنائية سالبا أو موجبا ، ولكن الايجاب أهم ، اذ ترتفع معظم هذه القباب ما بين بضعة أمتار وبضع مئات من الامتار عما يجاورها ، وهي في الغالب قباب شابة غير متداعية ، تسدل عليها شواهد معينة كوجود أنواع من حشائش البراري الملحية ، أو الرشوح الملحية تجاه أواسطها ، وقد تشغل أواسط سطحها بحيرات أو مناقع مقفلة ، كما أن بعضها يتميز بوجود آبار أو نبوع مالحه بالقرب منها ، وكثيرا ما يدل عليها نمط التصريف المائي لشبكة المجاري والروافد النهرية ، خاصة اذا كان التصريف النمطين الحلقي والمتشعب ، وعادة ما يشتمل الغطاء النباتي والتربة بمناطق القباب الملحية على أنواع غريبة تختلف عن المألوف بتربات ونباتات المناطق المحيطة .

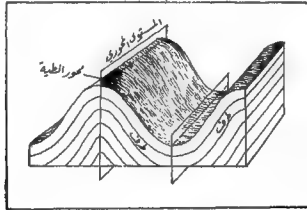
٣- القباب القوسية broad domal warps : وهي من أشيع الانواع ببعض مناطق الصخور الطبقيّة ، وتختلف عما سبق في عدم ظهور أجسام من الصخور النارية أو الملحية بقلوبها ، ويدل عليها تقوس لطيف بطبقات الصخور على نطاق اقليمي ، قد يكون من الضالة بحيث لا تدرك العين الميل للوهلة الاولى حتى لتبدو الطبقات وكأنها أفقية تماما ، جيولوجية مثل هذه البقاع هي الدليل على وجود التركيب القبابي ، وذلك حيثما وجدت تكوينات صخرية قديمة في منطقة مركزية تحيطها حلقات من تكوينات أحدث ، كما قد تنشأ ظاهرة الكويستا كتعبير طبوغرافي على وجود القبة ، من الصعب الجزم عما اذا كانت مثل هذه البنيات ترجع الى تقوس الطبقات بسبب ضغوط جانبية ، أو لنشاط قاري على أعماق بعيدة deep-seated لم تنكشف شيء من صغوره عند السطح ، أمثلتها لدينا جبل عجلون والسامرة ، وقبة أبي رواش الى الغرب من اهرامات الجيزة .

ثانيا - الطسي :

يشبه ما تتعرض له الصخور الرسوبية من طي بما يحدث لمفرش المائدة اذا أزيح بضغط اليدين من جانبيه ، فتجعد في موجات تتألف من حافات

طولية محدبة ، تفصل بينها طيات مقعرة هابطة ، فالطيات تعني ببساطة تجمعات تصيب طبقات الرواسب وهي في حالة الليونة ، وتختلف هذه الطيات في أبعادها من بضعة سنتيمترات كما هو الحال في عينات الصخور المتحولة ، الى بضع مئات من الكيلومترات بمناطق السلاسل الجبلية الكبرى .

وغالبا ما تنشأ الطيات في مجموعات متقاربة ويتألف كل منها من العناصر التالية : الجزء المحدب أو المقوس الى أعلى من التجمع يعرف باسم التحدب أو الطية المحدبة ، أما الجزء الذي تقوس الى أسفل فيعرف باسم التقعير أو الطية المقعرة ، ويطلق على جانبي الطية سواء محدبة أو مقعرة اسم الطرفان limbs ، وقد تتألف بعض الطيات من أطراف مفردة كما سنوضح في موضع آخر ، أما الخط المتوسط فيما بين الطرفين على امتداد قمة التحدب أو على امتداد قاع المقعر فيعرف باسم محور الطية (شكل ٢٣) ، وفي حالة ما اذا كان هذا المحور أفقيا وتأكلت أجزاء من الطية بدت



(شكل ٢٣) عناصر الطي

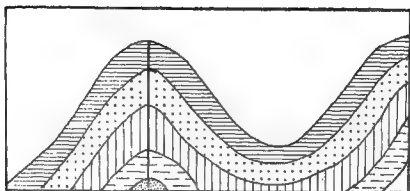
حوالي الطبقات الصلبة المتبقية كخطوط متوازية ، أما اذا كان المحور مائلا فان الطبقات تقترب من بعضها البعض في اتجاه الميل حتى تلتقي في نقطة تلاشي الطية التي تعرف حينئذ باسم طية متناهية ، plunging fold

وتبدو في شكلها الخارجي كدبوس الشعر ، ويمكن تمييز الطية المحدبة من المقعرة ، ففي الحالة الاولى يكون اتجاه الميل نحو الخارج أي بعيدا عن المحور وتكون أقدم الطبقات داخل الشكل الذي يحده الدبوس ، والعكس بالنسبة للطيات المقعرة حيث تميل الطبقات الى الداخل تجاه المحور وتوجد أحدث التكوينات داخل الشكل الذي يرسمه الدبوس .

أما المستوى المحوري axial plane للطيّة فهو خط يمر بمنصف الطية تماما ، عمودي على محورها ، وفي حالة الطيات المنتظمة يكون الطرفان متشابهان تماما في خصائصهما على كلا جانبي المستوى المحوري ، وأحيانا يكون هذا المستوى عاموديا في الطيات القائمة المنتظمة ، ولكن في الغالب تكون حركات الطي من العنف بحيث يميل المستوى المحوري في اتجاه حركة الضغط بدرجات متفاوتة ، وتكون الطيات في هذه الحالة غير متماثلة ، وقد يحدث أن تكون حركة الدفع من العنف بحيث يميل كلا الطرفين في نفس الاتجاه فيما يعرف باسم الطيات المتوازية الاطراف isoclinal fold وهذا النوع من الطيات شائع بكثير من المناطق الجبلية التي تعرضت لاضطرابات باطنية عنيفة ، ويصعب التعرف على هذا النوع من الطيات إذا أزيلت عوامل الحت قممها ، لأن كلا من الطيات المحدبة والمقعرة عندئذ تتشابه ، ويلزم لذلك تتبع مثل هذه البنيات في مناطق مجاورة ، حيث تكون العلاقات بين الطبقات ونظام ارسابها لم تنزل بعد في حالة معقولة من الوضوح ، لم تود بها عوامل الازالة .

وتبين مجموعة الاشكال التالية بعض الانواع الشائعة من الطيات : فالشكل (٢٤ - ١) يبين تحديداً متماثلاً symmetrical anticline ويلاحظ أن طرفي الطية يميلان على الجانبين بزوايتين متساويتين بالنسبة للمستوى الافقي ، كما أن المستوى المحوري يقسم الطية الى نصفين متناظرين ، ونفس الشيء يقال أيضا عن التقعر المتماثل كما يبدو بالشكل .

إذا اختلفت زاوية الميل بالنسبة للطرفين عن المستوى الافقي على الجانبين نشأت طية غير متماثلة asymmetrical ، وفيها يكون المستوى المحوري



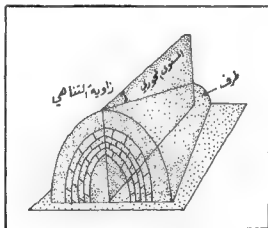
شكل (١٧٤) مقلب متماثل

الذي ينصف الزاوية بين الطرفين مائلا عن الضلع الرأسى (شكل ٢٤ - ب) .



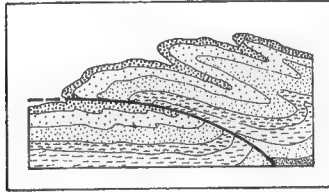
شكل (٢٤ ب) طية غير متماثلة

وفي الشكل (٢٤ - ج) تبدو طية متناهية حيث يميل محورها عن



شكل (٢٤ ج) طية متناهية

المستوى الافقي ليتلاشى نهائيا تحت مستوى السطح ، وتعرف الزاوية التي يصنعها المحور مع المستوى الافقي بزاوية التلاشي angle of plunge أما الطية المتوازية فهي التي يميل كلا طرفاها في نفس الاتجاه فاذا ما زاد الميل عن ذلك أصبح المستوى المحوري في وضع أفقي وتكون الطية من النوع المستلقي (شكل ٢٤ - د) . تلك هي الانواع البسيطة من الطيات



شكل (٢٤ د) طيات زاحفة

simple folds ، وهي التي غالبا ما توجد في مجموعات تتكون كل منها من عدد من الطيات المعقدة بينها مقعرات ، ولكن هناك أنواع أخرى من الطيات المعقدة التكوين هي ما يعرف بالطيات المركبة composite folds التي تتكون من نوع واحد أو أكثر من الانواع البسيطة السابقة ، مركبة على تحدب أو تقعر كبير anticlinorium و synclinorium (شكل ٢٤ - هـ) .

وكثيرا ما تكون الطيات المركبة ذات أبعاد كبيرة تغطي رقاعا اقليمية من سطح الارض حتى لتشمل أقطارا برمتها ويطلق عليها حينئذ تحدبات اقليمية regional anticlines أو تقعرات اقليمية regional synclines ، تصل أبعادها مئات الكيلومترات ، وتنمو هذه الطيات العظمى ببطء شديد ، فتتآكل قممها أثناء عمليات الرفع ، ومن أشهر أمثلة التحدبات العظمى توس سنسناتي بولاية أوهايو الامريكية ، الذي تميل طبقاته في لطف بعيدا عن خط محور متوسط يمتد نحو ٤٠٠ كيلومتر .

ثالثاً - الصدع : Faulting

الحركات الباطنية التي تسبب تجمع القشرة الارضية وطبها تكون في المعتاد من البطء والهواة بحيث تمنح الصخور فرصة كافية ، كي تتلاءم ، دون أن يلحقها تكسر وتمزق ، خاصة اذا كانت الصخور دفيئة بالأعماق ، ولكن أحيانا تكون الحركات من القوة والسرعة بدرجة تؤدي الى تمزق الصخر وانشطاره ، فتلتحق بالكتل الارضية خلوعا تظهر بصفة خاصة تجاه سطح الارض ، أو على أعماق يسيرة منه ، وتتخذ هذه الخلوع شكل فوالق fractures ، تتراوح في أبعادها بين شروخ مجهرية صغرى لا ترى بالعين المجردة ، وبين صدوع كبرى breaks تمتد مئات الكيلومترات ، لهذه الفوالق والصدوع أهميتها بالنسبة للإنسان اذ تسهل عليه عمليات التعدين والتحجير عند استغلال الموارد المعدنية والصخرية ، كما أنها تنشط دورة المياه الجوفية ، وتسبب أحيانا تكون ارسابات معدنية لخامات بعض الفلزات والاملاح ، كذلك لهذه الخلوط من الضعف القشري أهميتها الجيومورفولوجية ، اذ أنها تمهد السبيل أمام عوامل الوهن التي تدب منها الى قلب الصخر ، ممثلة في التجوية والانهدام والنحت ، فالفوالق والتشققات بالقشرة تعرف باسم المفاصل اذا لم يحدث على جوانبها حركة ما ، أما اذا سجلت حركة نسبية رأسية أو أفقية على أحد

جانبى فائق أو على كلا الجانبين عرف ذلك بالصدع fault .

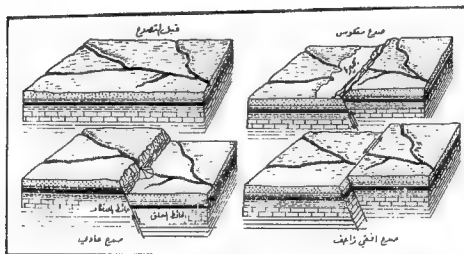
الحقيقة أنه لا توجد وسيلة أكيدة لتقرير الحركة الفعلية للكتل الارضية على جوانب الصدوع ، حتى ولو تأكدنا من حدوث ذلك بما يلاحظ عادة من انشطار كتل صخرية أو طبقات رسوبية واضحة على جانب صدع ما ، فالحركة اذن نسبية يتعذر معها القول عما اذا كان أحد الجانبين قد هبط بالنسبة للآخر الذي ظل ثابتا أم أن كلا الجانبين تعرضا للرفع أو الهبوط ولكن بدرجات متفاوتة .

تصنيف الصدوع :

عند تصنيف الصدوع يؤخذ بعين الاعتبار الخلوع الظاهرية

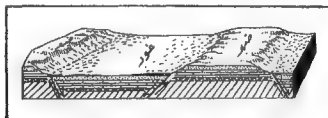
apparent dislocations ، والحركة النسبية للكتل المصدوعة ، فلمعظم الصدوع فوالق مائلة عن الاتجاه الرأسى ، ومن ثم فإن أحد جانبي الكتلة الارضية المصدوعة يركب الجانب الآخر تحته ، ويطلق على الاول اسم الجانب أو الحائط المطلق ، وهو الذي يكون وضعه فوق خط الصدع ، أما الجانب الآخر فيعرف بحائط الارتكاز (شكل ٢٥) ، ويلاحظ أن مثل هذه التسميات لا تنطبق على الصدوع العامودية وهي قلة ، اذا كان اتجاه حركة الحائط المعلق الى أسفل كان الصدع من النوع العادي normal fault (شكل ٢٥ - ب) .

أما اذا كانت الحركة الظاهرية للحائط المعلق الى أعلى كان الصدع من النوع المعكوس reverse (شكل ٢٥ - جـ) أو الضاغط ، الذي اذا زاد ميل الفالق به عن ٤٥° عرف بالصدع الزاحف thrust fault . فاذا ما اقترنت حركة أفقية بالحركة الرأسية على جانبي الصدع سمي بالصدع المائل الزاحف oblique - slip fault ، ولكن اذا كانت الحركة الظاهرية أفقية جانبية فحسب كان الصدع زاحف المضرب strike - slip أو صدع جانبي lateral fault (شكل ٢٥ - د) .



شكل (٢٥) أنواع الصدوع

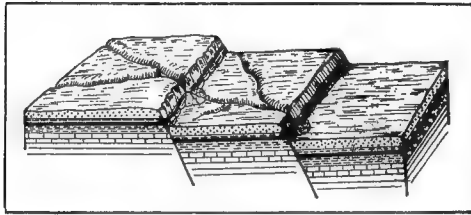
ويعرف مقدار الفارق الرأسى في منسوب الطبقات أو التكوينات الصخرية المتناظرة على جانبي صدع ما باسم رمية الصدع throw والجانب الخفيض منه باسم الجانب الهابط downthrow side أما الجانب الآخر فيطلق عليه في هذه الحالة اسم الجانب الناهض أو المرفوع upthrow side ، وغالبا ما تتعقد العلاقة بين خطوط الصدع ورمياتها في بقاع متجاورة من سطح الارض ، فينشأ عن ذلك في بعض الجهات ظاهرات تضرسية تمتد بمثابة ملامح كبرى للسطح ، من ذلك الأخاديد أو الحفر الانهدامية الطولية rifts أو الأغوار graben ، التي قد يمتد بعضها آلاف الكيلومترات وتغور عما يجاورها آلاف الامتار (شكل ٢٦) ، فإذا حدث



شكل (٢٦) حفرة صدعية

وهبطت شريحة من السطح على طول صدعين متجاورين نشأ الأخدود ، أما الجانبان المرتفعان فيعرفان باسم الضهور horsto وهي كلمة المانية بمعنى عش النسر ، من أبرزها الأخدود العظيم بشرق أفريقيا وتمتد في غرب آسيا حيث يبلغ طوله وفروعه نحو خمس محيط الكرة الارضية ، وهو عندنا ممثل في خليج العقبة ووادي عربة والبحر الميت وغور الاردن وامتداده في سهل البقاع. وقد تضاربت الآراء بشأن نوع الحركة وطبيعتها على طول الصدوع الرئيسية التي تحد هذا الغور ، فبعض الباحثين يؤكد أنها صدوع عادية أدت الى نشأة منطقة وسطى هابطة في حين ظهر رأي آخر يناهض بوجود صدوع ضاغطة على كلا الجانبين أي أن النهوض تم على الحواطئ المعلقة ولكن أخيرا نادى كونيل Quennell بوجود حركة أفقية هائلة قدرها بما يزيد على ١٧٠ كم مسندا آراءه بعدم التناظر الطوبوغرافي لظاهرات السطح على الجانبين .

ومن أمثلة هذا النوع من الأخاديد أيضا وادي الرابين الذي يشغل حوضا هابطا يبلغ طوله نحو ٢٢٠ كيلو مترا وعرضه حوالي ٣٠ كيلومترا وتحده مرتفعات الغاية السوداء وجبال القوج . وأحيانا تتفاوت الحركة على طول صدوع متقاربة تهبط بعض الكتل بمقادير مختلفة بالنسبة لنهوض اليمض الآخر ويعرف هذا النوع بالصدوع السلمية *step faults* ويبدو أن بعض بقاع أخدود الاردن (شكل ٢٧) تنتمي لهذا النوع .



شكل (٢٧) صدع سلمي

التميز الطبوغرافي لمعطوط التصدع :

يسبب اختلاف الحركة الرأسية على جوانب الصدوع تباين مناسب سطح الأرض وتكون ما يعرف باسم الجروف الصدعية *fault scarps* وقد أمكن تمييز الكثير منها بمناطق الجبال والمرتفعات، حيث يبلغ ارتفاع بعضها مئات الامتار ، وفي معظم الاحيان يبدو أن هذه الجروف لم تتكون نتيجة لحركة واحدة ، بل لحركات متعاقبة تفصل بين نبضاتها فترات من الهدوء النسبي ، وهناك ما يدل على أن الضغوط المسببة للحركات تتلاشى حينما تتحرك الكتل الصخرية فتتزلق أو تنهض بضع عشرات من الامتار ، يعقب ذلك استقرار قد يستمر مئات أو آلاف السنين قبل أن تتراكم الضغوط فيتكرر النبض وتحدث الحركة مرة أخرى .

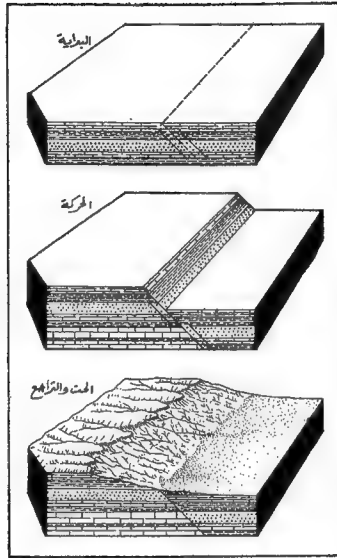
يبرز الجروف الصدعية تشرع عوامل النحت والازالة في اكتساح المواد من حواف وأسطح الكتل المرفوعة ، فتراجع جوانب الجروف بعيدا عن مواضع الصدع ، وتعرف حينئذ بجروف النحت erosion scarps وفي نفس الوقت تتآكل الكتلة الأرضية التي نهضت فتهبط مناسيبها تدريجيا ، فإذا لم تتجدد الحركة لفترة زمنية كافية زال التباين الناجم عن الحركة السابقة وتحول سطح الكتلة الى سهل نحت مستو فيه تختفي فوالق الصدوع تحت غلالات متفاوتة السمك من الرواسب ، ولا يمكن تمييزها الا من خلال مقاطع تكشف ما تحت الرواسب السطحية من بنية .

إذا استمر الاستقرار فترة زمنية أطول ولم تتجدد الحركة فربما ظهرت جروف من نوع آخر وفي وضع معكوس تعرف بجروف خطوط الصدع fault linescarps تمييزا لها عن جروف الصدع الأصلية ، وأنسب الظروف لذلك أن تكون الطبقات المكونة للكتلة الأرضية من أنواع تتفاوت في صلابتها ومقاومتها لعمليات الحت والازالة ، فإذا فرض وكانت التكوينات التي انكشفت عند أسطح الكتلة المرفوعة بعد تسويتها من أنواع أقل مقاومة بالنسبة للصخور المشكلة لأسطح الكتلة الهابطة أصلا ، كان معنى ذلك سرعة زوال المواد التي يتألف منها السطح بالنسبة للكتلة التي تعرضت سابقا للنهوض ، فيهبط مستواها على طول جروف خطوط الصدع ، أي أن التغير الطبوغرافي للسطح في هذه الحالة عكس النمط البنائي الأصلي ، وهنا قد يلتبس الأمر على الباحث فيخطئ التمييز بين الجوانب الناهضة والجوانب الهابطة أصلا (شكل ٢٨) .

الحركات السريعة :

اولا - الزلازل :

وهي حركات تموجية تصيب القشرة الأرضية ، وتنتشر من مراكز معينة في قشرة الأرض في جميع الاتجاهات ، منها ما تكون الحركة فيه



شكل (٢٨) مصر الصنوع

رأسية ، بدليل أن بعض الاجسام الثقيلة كالصخور والمباني تتطاير في الفضاء أثناء الزلزال ، ومنها ما يحدث على مستوى أفقي وهي الانواع الغالبة ، ومنها ما تكون الحركة فيه دائرية رحوية أي في جميع الاتجاهات ، هذه الحركات الزلزالية وان كانت محدودة الأثر في تشكيل سطح الارض في الوقت الحالي فانه ، من المعتقد أنها كانت خلال عصور جيولوجية سابقة

أكثر فاعلية ونشاطا ، حتى ليشبهها البعض بأنها حاليا لا تمثل سوى همسة رقيقة تختلعت عن عاصفة هوجاء ، اجتاحت سطح الأرض أثناء الحركات الأوروپية الألبية في الزمن الجيولوجي الثالث ، وتنقسم الزلازل عادة إلى ثلاثة أنواع حسب مراكزها وأسباب حدوثها :

١ - الزلازل التكتونية :

وترتبط بالصدوع ولاعوجاجات warpomgp الكائنة في قشرة الأرض . ولذا كان هذا النوع من أكثر الحركات الزلزالية شيوعا وانتشارا ، ويمتاز بعمق المراكز ، ويمتد أن أسباب الهزات ترجع إلى الحركات التي تصاحب هبوط أو ارتفاع الكتل الأرضية على جوانب الصدوع ، وما يصحب هذا من احتكاك وتضاغط جوانب الكتل الصخرية المصدوعة بعضها مع بعض ، فتتولد لذلك حركات أو موجات تسري خلال الغلاف الصخري الخارجي للقشرة ، ومن أمثلة هذا النوع زلزال سان فرانسيسكو الذي حدث على طول صدع سان أندرياس في كاليفورنيا سنة ١٩٠٦ .

ب - زلازل بلوطنية :

يكون مبعث الحركة في هذا النوع الأعماق السحيقة من باطن الأرض .

ج - زلازل بركانية :

وهي التي تصاحب الثورات البركانية في بعض الأحيان ، وقد كان من المعتقد أن هذه الثورات ، خاصة الأنواع الانفجارية منها ، تؤدي إلى حدوث الهزات ، ولكن لوحظ أن الثوران الكبير الذي تسف بركانا كاملا من براكين باندائي سان في اليابان ١٨٨٨ ، لم يحدث سوى هزة خفيفة ، سرت في مساحة محدودة ، مما يدعو البعض إلى الاعتقاد بأن الحوادث البركانية ليست سببا رئيسيا للزلازل ، ولا سيما وأن كثيرا من الزلازل العنيفة الواسعة الانتشار ، لم يرافقها أي ثوران بركاني ، بل على العكس

قد تكون الزلازل سببا في حدوث النشاط البركاني حين تسبقه كما سنفصل فيما بعد .

تسجل الزلازل بواسطة آلة السيسموجراف seismograph ، وتبدأ الموجات الزلزالية حركتها من مصدر يقع على بعد بضعة كيلومترات تحت سطح القشرة الأرضية ، ثم ينتشر في جميع الاتجاهات ، ويسمى هذا المصدر بالمركز الرئيسي للزلازل Focus ، وأول بقعة تصل إليها هذه الموجات الزلزالية بعد انبعاثها من مصدرها الأصلي هي البقعة الواقعة فوق هذا المصدر الأصلي تماما ، وتسمى بالمركز السطحي Epicentre ، وعند هذا المركز السطحي يكون أول احساس بالهزة الزلزالية ، ومنه تبدأ الموجات في الانتشار في جميع الاتجاهات .

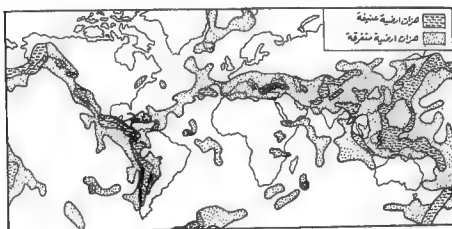
أما عن آثار الزلازل في تشكيل سطح الأرض ، فأنها لا تعدو أحداث تشققات في القشرة ، كذلك الذي أعقب زلزال سان أندرياس ١٩٠٦ بكاليفورنيا ، حيث انفرجت هوة طولية في سطح الأرض أمكن تتبعها لمسافة ألف كيلومتر بتلك الولاية ، وأيضا قد تؤدي الحركات الزلزالية لتغير مناسب سطح الأرض في بقاع محدودة ، ففي الزلزال الذي انتاب تشيلي ١٨٢٢ ارتفعت منطقة تبلغ مساحتها ٢٥٠ ألف كيلومتر مربع نحو متر واحد عن منسوبها قبل الزلزال ، كما أنه يزلزال آخر في نفس القطر انخفضت بعده شقة ساحلية يبلغ طولها نحو ١٩٠٠ كيلومتر فيما بين مدينتي أنتوفاجاستا وفلديفيا ، فطفت عليها مياه البحر .

التوزيع الجغرافي للزلازل :

يلاحظ أن مناطق الكتل الصلبة القديمة مثل كتلة كندا وسكانديناوة والرفيف الروسي والكتلة العربية وشمال أفريقيا ، كلها بقاع قليلة التأثير بالحركات الزلزالية ، في حين أن مناطق الجبال الألبية الالتوائية الحديثة ، تتنابها باستمرار موجات زلزالية عنيفة ، خاصة بالمناطق التي تغير فيها هذه السلاسل اتجاهاتها فجأة ، فتحدث لذلك الصدوع ، وتكثر

عليها الحركات الزلزالية ، من أمثلة ذلك القوس الجبلي العظيم للهيمالايا حين تلتقي مع سلاسل جبال ايران في الغرب أو مع قوس جبال يانان وامتدادها في شبه جزيرة الملايو وجزر اندونيسيا في الشرق .

وبناء على ذلك فان غالبية مناطق النشاط الزلزالي تتركز في مناطق السلاسل الجبلية الحديثة بشكل واضح ، اذ أن قشرة الارض بهذه النطاقات الجبلية لم تستقر بعد ، فهي في ارتخاء أو نهوض مستمرين ، أو خسف دائم ، أي أن الحركات فيها لم تنقطع بعد ، فقد اتفق العلماء على أن أكثر الزلازل التي تصيب جبال الكريات والابنين والبرانس وجبال أطلس ومنطقة الأنتيل ، انما تنشأ من استمرار حركة الخسف في الكتل القديمة ، التي التصقت بها الجبال الحديثة ، وتتمثل الأقاليم الرئيسية التي تحدث بها ظاهرة الزلازل في المناطق الآتية (شكل ٢٩) :



شكل (٢٩) توزيع الزلازل

١ - منطقة دائرية حول المحيط الهادي ، وبها يحدث أكثر من نصف الزلازل بالعالم ، ومن المعتقد أن وجود الأخاديد البحرية العميقة الى جوار السلاسل الجبلية الشاهقة هو السبب في الضعف القشري بهذه البقاع ، مما يؤدي الى استمرار الحركة ، فقوس جزر ألوشيان يحده من الشرق أخدود عميق ومن الغرب بحر اليابان ، وقوس جاوه الذي يحده من الجنوب

أخدود بحري ومن الشمال بحر جاوه ، ونطاق الجبال الالتوائية في أمريكا الجنوبية حيث يوجد أخدود اتكاما من الغرب وهضبة تتكاكا من الشرق ، وتتميز جميع هذه المناطق بالاضافة الى تركيز أكثر من نصف زلازل العالم بها ، بنشاط بركاني كبير ، اذ تنتشر بها الكثير من البراكين ، بعضها خامد والبعض الآخر يشور من آن لآخر .

ب - منطقة حلقة ليبي Libbey's cirdle وهي عبارة عن نطاق عرضي ، يطوق الكرة الارضية من الشرق الى الغرب ، ويبدأ في أمريكا الوسطى فاصلا بين قارتي أمريكا الشمالية والجنوبية ، ثم يتجه شرقا مخترقا المحيط الاطلنطي الاوسط ، ثم يمتد بعد ذلك في اليابس الأوراسي على شكل شريط عريض يرتبط بامتداده بامتداد الجبال الالتوائية في قارتي أوروبا وآسيا ، ممثلة في جبال البرانس والألب والكربات والقوقاز والهمالايا ، ومنها الى الجنوب الشرقي في أرخبيل جزر أندونيسيا ، ومما تجدر ملاحظته أن مناطق الضعف بهذا النطاق تتضح على طول خطوط التقاء هذه الجبال الحديثة بكتل الهضاب القديمة ، من أمثلة ذلك جبهة التقاء جبال الأبنين في شبه الجزيرة الإيطالية - وهي جبال التوائية حديثة - مع منطقة الصخور النارية القديمة ، ممثلة في هضبة تسكانيا ، التي تمتد بين نهر الأرنو في الشمال وخليج نابلي في الجنوب ، فعلى طول خط الالتقاء السابق ، توجد منطقة ضعف في القشرة ، تجعل المنطقة أبعد ما يكون عن الاستقرار والثبات ، فقد تكرر تعرضها للزلازل على مدى الأئمنة .

ج - المنطقة الثالثة من مناطق النشاط الزلزالي ، تقع في نطاق الضعف القشري بالمحيط الاطلنطي ، على شكل نطاق طولي يمتد من شمال جزيرة آيسلند الى الطرف الجنوبي من المحيط الاطلنطي ، وينتشر في هذا النطاق العديد من الجزر البركانية ، مثل جزر كناري والأزور والرأس الاخضر ، التي يمكن اعتبارها بمثابة القمم العالية لحافة بحرية غائصة تحت مياه المحيط الاطلنطي الشمالي ، تعرف باسم حافة دولفن ، وتتألف

هذه الجزر من صخور بازلتية، يرجع تكوينها الى الزمنين الثالث والرابع ، وعلى الرغم من خمود النشاط البركاني بها ، الا أنه ما زالت هناك بعض البراكين الثائرة ، وتمثل جوانب الحافة الغائصة الوسطى يحوض هذا المحيط منطقة الضعف القشري التي تنشأ على امتدادها الزلازل ، ففي الشمال توجد حافة Dolphin ، يحدها من الشرق والغرب حوضين عميقين ، وفي الجنوب توجد حافة تشالانجر ، التي تحدها أيضا أحواض عميقة ، مما يجعلها دائما أبدا عرضة للتقلقل وعدم الاستقرار .

د - منطقة أخاديد شرق أفريقيا وجنوب غرب آسيا وترتبط هذه المنطقة بنطاق ضعف عظيم في قشرة الأرض ، يمثلها أخدود كبير يمتد من الشمال الى الجنوب ، ويبدأ في وادي البقاع بلبنان بين جبال الأنصارية في الغرب وجبال لبنان الداخلية في الشرق ، ثم يتجه الأخدود جنوبا ليظهر في فلسطين في بحيرة طبرية وغور الاردن والبحر الميت ووادي عربة ، ثم يستمر الأخدود جنوبا في خليج العقبة والبحر الاحمر حتى عدن ، حيث يغير الأخدود اتجاهه الى الجنوب الغربي ويتفرع الى شعبتين ، تقع بأحدهما بحيرتي رودلف وتيفاشا ومنها الى الشرق من هضبة البحيرات . أما الشعبة الاخرى فتقع فيها مجموعة بحيرات البرت وادوارد وتنجانيقا ونياسا ، وقد تكون هذا الأخدود على طول خطوط تصدع ، وتوجد به من الشواهد العديدة ما يدل على نشاط باطني عنيف ، من ذلك الطفوح الفطائية البازلتية التي انبثقت من باطن الأرض فغطت منطقة هضبة حوران بسوريا ، وهضبة الحيشة ، والمخاريط البركانية المنفردة في هضبة البحيرات بأعالي النيل ، التي منها جبل Kilimangaro وجبل كينيا وجبل Elgon وسلسلة جبال ممفمبرو mfumbiro ، هذا يدل على النشاط الباطني الحديث الذي تعرض له هذا النطاق من سطح الأرض في أزمنة جيولوجية قريية .

زلازل قاع المحيط :

كثيرا ما تكون الزلازل في عرض البحار أو على هوامشها ، وقد لوحظ

أن كثرة الزلازل البحرية تتناسب مع شدة انحدار الشواطئ ، وبهذا فهي كثيرة الحدوث على شواطئ الهادي ، حيث تتواجد الخنادق العميقة أكثر منها على شواطئ الاطلنطي أو الهندي ، ويمتقد بأن قيعان هذه الخنادق تتعرض للخفض أو الهبوط الفجائي ، حينما تنوء بحمولتها من الرواسب التي تتكدس فيها من المناطق اليابسة المجاورة ، وينجم عن ذلك تعمق هذه الحفر وحدوث زلازل تنتشر منها الى الجهات المجاورة ، ويصاحب ذلك عادة موجات التسونامي ، وهي أمواج عظيمة الطول والسرعة ، تسري في المحيطات من جانب لآخر .

وعلى سواحل اليابان لوحظ انهيار كتل كبيرة من مادة السيل ، واختفائها تحت قاع البحر ، ويبلغ حجم هذه الكتل أحيانا عشرات الملايين من الأمتار المكعبة ، ومما لا شك فيه أن غور هذه الكتل الجسيمة في مادة السيلما يشكل فجائي يسبب زلزلة القشرة حول مكان الخسف ، وهبوطا فجائيا لماء البحر مكان الحفرة الحادثة ، وينشأ عن هذا اهتزاز سطح البحر بعنف قبل عودته الى مستواه السابق ، فينجم عن هذه الاهتزازات أمواج التسونامي التي تجتاح الشواطئ وتحدث النكبات ، وفي نفس الوقت يؤدي ضغط الكتل الهابطة على مواد الباطن المتصهرة الى اندفاع هذه المواد الى أماكن الضعف في المواضع المجاورة ، فتحدث البراكين الجديدة ، أو يتجدد نشاط البراكين الغامدة حولها .

ويؤخذ كدليل على حدوث هذه الانهيارات وخفض قاع البحر ، ما لوحظ من انقطاع الحبال الهاتفية الغليظة الممدودة عبر المحيطات لتصل القارات قرب مراكز الزلازل . ففي عام ١٨٩٤ انقطع قرب الشاطئ الأمريكي ثلاثة منها يبعد الواحد منها عن الآخر نحو ٢٠ كيلو مترا ، وقد انقطعت كلها مما على بعد واحد من الساحل ، وكان ذلك خلال زلزال صغير ، كما حدث في زلزال ١٨٩٦ الذي أصاب اليونان أنه انقطع الحبل الهاتفي الذي يربط جزيرة كريت بجزيرة زانتي Zante ، ثم وجد المهندسون أن أحد طرفي الحبل المقطوع مدفون على عمق أربع مائة متر

في قاع البحر ، دون مستوى الطرف الآخر ، مما يدل على الخسف الذي
أصاب قاع البحر مكان الحبل .

ثانيا - النشاط البركاني :

لهذا النوع من الحركات الارضية السريعة آثار أبلغ من الزلازل في
تشكيل مظاهر سطح الارض ، وان اقترن النوعان من الحركات في كثير من
البقاع ، وترجع الاشكال الارضية التي يخلفها النشاط البركاني الى
انبثاق طفوح بازلتية ، وصخور منصهرة ، ومقذوفات وأبخرة وغازات
مختلفة من الباطن ، تستقر فوق السطح ، وتبرد مكونة هضابا عالية
واسعة الانتشار ، أو قمما جبلية مخروطية شاهقة ، وبناء على هذا يمكن
تقسيم الاشكال الارضية الناجمة عن هذا النشاط الى :

أ - النشاط الهادئ : وفيه تخرج المواد الباطنية الى السطح من خلال
شقوق طويلة في قشرة الارض ، دون انفجار ، فتغطي مساحات واسعة ،
مكونة الهضاب والبنيات المائدية الشكل ، كما هو الحال في هضبة حوران
بسورية وامتدادها في شمال شرق المملكة الاردنية ، وطفوح الدكن في
شمال غرب هضبة الدكن الهندية ، وهضبة الحبشة ، وهضبة كولمبيا
بولاية واشنطن الامريكية ، وامتدادها شرقا بحوض نهر سفيك في ولاية
أيداهو . ونظرا لاشتغال المواد المنبعثة من الباطن بهذه الجهات على أنواع
مختلفة من المعادن ، فان تفكك الصخور وتحللها بفعل عناصر الجو يؤدي
الى وجود تربيات خصبة ، كالحال في تربيات الدكن الصالحة لزراعة القطن
بالهند ، وتربة المجرى الادنى لنهر النيل المشتقة من صخور هضبة
الحبشة .

ب - أما النوع الثاني من النشاط البركاني فيتميز بالعنف ، وفي
بعض الاحيان بالانفجار ، وفيه تندفع المواد الباطنية من فتحات دائرية
الشكل تقريبا ، تعرف باسم الفوهة ، وأحيانا قد يكون للبركان الواحد
أكثر من فوهة ، وقد تتحول هذه الفوهات بعد أن يخمد البركان الى بحيرات

في الجهات الرطبة ، وتتصل الفوهة بالقصبة أو المدخنة وهي عبارة عن قناة أسطوانية تصل الى غرفة الصهير أو المهل magma بالطبقات الباطنية من القشرة حيث توجد المواد المنصهرة (شكل ٢٢) . وغالبا ما تتشعب المدخنة أو القصبة مكونة مخروطات بركانية مركبة ، أما المخروط البركاني فهو عبارة عن جسم البركان ، وغالبا ما يكون على شكل مخروط منتظم انحدار الجوانب ، مستدير القاعدة ، ويتراوح ارتفاع المخاريط البركانية بين تلال يبلغ ارتفاعها بضع مئات من الامتار ، وبين جبال شاهقة يتجاوز ارتفاعها بضعة آلاف من الامتار . كما قد تكون المخاريط جبالا منفردة كبركان فوجي ياما باليابان أو سلاسل مستمرة من الجبال كالحال في سلسلة Sierra Volcanica Transversal بالمكسيك .

يمكن أن نميز بين الانواع الآتية من المواد الباطنية التي تخرج أثناء النشاط البركاني :

١ - المواد الصلبة :

وتشمل الرماد Agries والمقذوفات البركانية ، أما الرماد فهو عبارة عن مواد معدنية على شكل حبيبات دقيقة ، تنتشر تحت ضغط انفجار الغازات والابخرة ، فترسب حول المخروط ، أو قد تحملها الرياح مسافات بعيدة قبل هبوطها الى السطح ، ففي حالة بركان كراكاتوا بجزيرة جاوة الذي ثار سنة ١٨٣٨ حملت الرياح رماده مسافات بعيدة حول الكرة الارضية ، ولعل هذا الرماد كان السبب في انتشار الشفق الاحمر في تلك السنة ، مما كان يضفي جمالا بالغا على السماء في اوقات الغروب ، أما المقذوفات البركانية فهي مواد صلبة تصاحب الانفجارات البركانية العنيفة وتكون على شكل قطع من الحصى في حجم الجوزات يقال لها Lapilli ، أو الجمرات الخامدة Cinders : وتنطلق بقوة مع الغازات وتكون في حالة انصهار ، ولكنها اذ يطاح بها في الهواء فانها لا تلبث أن تبرد فتتصلب ، وتسقط على الارض حول الفوهة التي خرجت منها .

٢ - المواد السائلة :

وهي عبارة عن صخور منصهرة ، تخرج من غرفة المهل ، وتسمى باللابة ، أو الطفوح البركانية ، وهي على نوعين مختلفين يتوقف عليهما شكل المخروط البركاني ومقدار ارتفاعه :

١ - اللابة الحمضية : Acid Lava

وتتكون من صخور نارية ذاتية ترتفع بها نسبة السيليكا ، ولذا فانها تتصلب بسرعة اذا ما اقتربت من سطح الارض ، كما يصاحب انبثاق هذا النوع من اللابة بعض الغازات السامة ، وقدر كبير من بخار الماء الذي يؤدي اندفاعه خارجا بقوة الى تطاير كتل من الصخر المنصهر فيكون الجمرات ، ونظرا لسرعة تصلب هذا النوع ، فانه لا يتساب الا لمسافات قصيرة حول الفوهة ، وبالتالي يساعد على تكون مخروطات بركانية عالية شديدة انحدار الجوانب .

ب - اللابة القاعدية : Basic

وهي أيضا صخور نارية منصهرة ، ولكن تقل بها نسبة السيليكا كثيرا عن النوع السابق ، ولذا تبقى في حالة انصهار مدة أطول مما يساعد على جريانها فوق السطح ، وانتشارها على مساحات واسعة قبل أن تتصلب وتجمد ، ولذا فان المخاريط المكونة من هذا النوع تكون في المعتاد أقل ارتفاعا ، وجوانبها ألطف انحدارا بكثير من مخاريط اللابة الحمضية ، والاشكال الارضية الناجمة عنها تمثلها خير تمثيل مناطق الهضاب البازلتية التي سبق ذكرها ، ونظرا لخفة قوام هذا النوع من اللابة فان الابخرة والغازات التي تشتمل عليها تنبعث منها على شكل فقاعات دون أن تؤدي الى انفجارها بقوة كما هو الحال في الانواع الحمضية ، ولذا تتميز براكينها بهدوء نسبي اذا ما قورنت بغيرها ، وبعد تصلب اللابة القاعدية - وهذا يستغرق وقتا طويلا - تتكون بها طبقات على هيئة صفائح سميقة في وضع أفقي تقريبا .

٢ - المواد الغازية :

قد يسبق التوازن البركاني في كثير من الاحيان ، انبعاث كميات هائلة من الغازات والأبخرة ، كذلك يعقب التوازن خروج غازات تظل تنبعث من بعض البراكين لفترات طويلة أثناء سكونها ، أشيع هذه الغازات بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وغاز النوشادر وغازات كبريتية متنوعة ، فضلا عن مركبات الهيدروجين ، وبالإضافة الى أن الكثير من هذه الغازات من أنواع سامة ، فان درجة حرارتها في المعتاد أعلى بكثير من درجة غليان الماء ، وقد تصل أكثر من ٥٠٠ مئوية ، ولذا فانها تتسبب في هلاك الانسان والحيوان في مساحات واسعة من الاراضي المجاورة للبراكين .

انواع البراكين :

١ - نوع هوائي : Hawaiian Type :

ويمثله خير تمثيل بركان مونالوا بالجزيرة الرئيسية من مجموعة جزر هوائي ، ويتميز بثوران هادئ ، ولذا فهو ينتشر على مساحة واسعة كما أن المخروط قليل وعورة الجوانب ، ويقال من لابة قاعدية تخرج من عدد كبير من الفوهات ، التي توصلها قصبات بغرفة المهل ، وفي جزر ساندوتيسن فان اللابة المنبعثة من هذا النوع من البراكين نظرا لشدة ميوعتها ، تسيل أثناء الثوران كالماء الدافق ، مؤلفة شلالات حقيقية حينما تنسكب من مكان مرتفع .

٢ - نوع سترومبولي : Strompolian :

نسبة الى بركان استريولي في جزر ليباري بشمال شرق جزيرة صقلية ، وتتصف اللابة المنبعثة من هذا النوع بقلّة ميوعتها عن النوع السابق ، ولذا فان ثوراتها تتألف من عدد من الانفجارات المتقطعة ، التي تصاحب انطلاق الغازات فتؤدي لانبعاث كميات طائلة من الرماد والمقذوفات ، ولكن نظرا لغلظ قوام اللابة فانها لا تنتشر فوق مساحات

واسعة ، ولكن من ناحية أخرى تكون مخاريطها عظيمة انحدار الجوانب تفشي أسطحها كتل بارزة متجمدة ، تملوها عند القمة مخاريط مؤلفة من الحصى والجمرات تحيط بقوّهات واسعة ، تفضي الى قصبات واسعة أيضا .

٣ - نوع فولكانو :

نسبة الى بركان Vulcano من مجموعة جزر ليباري ، وينشأ هذا النوع من البراكين حينما تكون اللابة شديدة اللزوجة ، غليظة القوام ، وهي من الانواع الحمضية القليلة التدفق والانسياب فوق السطح ، لدرجة أنها كثيرا ما تؤدي الى انسداد القصبات وسنغ الأبخرة والغازات من الانبعاث ، فتحتبس لفترة من الزمن ، ويزداد ضغطها ، ثم تخرج منطلقة اثر انفجارات عنيفة ، تحدث فجأة ، فتسبب تناثر الطفوح في الجو ، تصاحبها سحب كثيفة من الرماد ، يسقط حول الفوهة وأحيانا داخلها فيتكدس ، وينشأ عن ذلك مخروط من الرماد ينحدر في اتجاهين ، الى الداخل أي نحو الفوهة والى الخارج ، ويلاحظ أن المخروط في هذه الحالة يكون شديد انحدار الجوانب .

٤ - نوع الكالديرا : Caldera

ويمثل هذا النوع مرحلة تطويرية تمر بها الانواع الثلاثة السابقة ، اذا ما تعرضت لثورانات أخرى غير التي كونتها ، وفي هذه الحالة تنهار جوانب عنق البركان ، ويدمر جزء كبير من المخروط ذاته ، وبذا تتسع مساحة الفوهة ، ويستوي سطحها ، وتعرف هذه الفتحة حينئذ باسم الكالديرا Caldera .

٥ - براكين الكدس Cumuto V. :

وهي براكين بلا قصبات أو مداخن ، وتتألف من أكوام هائلة من الطفوح المتصلبة التي تكدست بعضها فوق بعض على شكل قبة ضخمة ،

كما هو الحال في براكين جبل الدروز بسورية وبركان Devel's Tower في ولاية كولورادو الامريكية .

اثر البراكين في تشكيل سطح الارض :

نتيجة لتكدس طفوح اللابة والمقذوفات المختلفة ، تنمو أحجام المخاريط البركانية بسرعة ، مكونة جبالا تراكمية منفردة ، أو سلاسل متصلة منها ، كما الملحنا سابقا ، وقد يتضخم حجم البركان فيصل الى ارتفاعات شاهقة ، كالحال في بركان فوجي ياما الياباني الذي يزيد ارتفاعه على ٣٧٠٠ م ، وقد يزيد الارتفاع عن ذلك بكثير اذا وجدت المخروطات البركانية فوق هضاب قائمة من قبل ، فبعض قمم سلسلة سيرا فولكانيك ترانسفرسال تزيد على خمسة أو حتى ستة آلاف متر ، ولكن ارتفاع الهضبة تحتها يزيد على ٢٥٠٠ متر .

كذلك تساعد الطفوح البركانية على تكون هضاب كالحال في هضبة فرنسا الوسطى وهضبة الحبشة وكولمبيا وجنوب البرازيل والدكن ، وقد تشغل البحيرات المستديرة فوهات البراكين الخاملة ، كالحال في بحيرة كريتر Crater Lake في ولاية أوريجون الامريكية . أما اذا كان مبعث النشاط البركاني هو قاع المحيط ، فان المخروطات الناجمة عن ذلك قد ترتفع حتى تبدو قممها فوق سطح الماء على شكل جزر ، كالحال في مجموعات الأزور والرأس الأخضر بالمحيط الاطلنطي الشرقي .

التوزيع الجغرافي للبراكين :

لا شك أن البراكين توجد بكثرة بمناطق الضعف في قشرة الارض ، حتى ليكاد يتفق توزيعها بوجه عام مع مناطق تصدعات القشرة ، أي مناطق الجبال الالتوائية الحديثة ، وهي في نفس الوقت مناطق المراكز الزلزالية التي سبقت الإشارة إليها ، والحلقة النارية التي تطوق المحيط الهادي ، تشتمل على العدد الأكبر من براكين العالم ، فهناك نطاق يمتد على الجانب الشرقي من هذا المحيط ابتداء من ألاسكا حتى هضبة بتاجونيا بأمريكا

الجنوبية ، حيث تتجاوز سلاسل جبلية ضخمة مع خنادق محيطية سحيقة ،
ويوجد مثل هذا النطاق على الجانب الغربي من نفس المحيط ، ممتدا من
شبه جزيرة كامتشكا الى نيوزيلند ، مارا باليابان والفلبين وبورنيو
(شكل ٣٠) .



شكل (٣٠) توزيع البراكين

أما المحيط الاطلنطي فليست له مثل هذه الدائرة ، وكل ما هنالك
تلك الجزر البركانية التي أشرنا اليها سابقا ، بالإضافة الى ما يوجد
بمجموعات جزر الأنتيل ، ومن المناطق التي شاهدت نشاطا بركانيا
ملحوظا منطقة الأخدود الافريقي الآسيوي العظيم ، ومناطق النطاق
الجبلي في قارتي أوروبا وآسيا ، وهي ترجع الى حركات هبوط للقشرة في
عصر جيولوجي حديث ، وفي أوروبا تتضح آثار النشاط البركاني بكل
من آيسلند ، وهضبة فرنسا الوسطى ، وهضبة Eiffel ايغل في غرب المانيا .

من هذا نلاحظ خلو الكتل الارضية القديمة الصلبة من هذا النوع من
النشاط كشمالي أوراسيا ، والرصيف الكندي وكتلتي البرازيل وأفريقيا ،
ولكن هناك استثناءات معينة لذلك ، ففي بعض الحالات نلاحظ وجود
آثار نشاطات بركانية عنيفة بهذه القواعد القارية البللورية القديمة ،
وذلك في مواضع الصدوع والانكسار منها ، وهذا ما يظهر بجلاء بأخدود
شرق أفريقيا وفي الصحراء الكبرى بجبال تيبستي والاحجار .

ثانياً - العوامل الظاهرية

لئن كانت قوى الباطن هي المسؤولة عن الخلوط العريضة لتضاريس سطح اليابس بما تحدثه من تفاوت المناسيب بين البقاع المختلفة ، فإن مجموعة العوامل الخارجية ، تنشط على الظاهر ، وتعطي وجه اليابس قسامته التفصيلية ، ومعاله الدقيقة ، وتستمد قوى الظاهر جميعاً طاقتها من الشمس وقوة جاذبية الأرض ، فالشمس هي مصدر الحرارة المحركة لتيارات الهواء ، والباعث على تبخر الماء من المحيطات وسقوطه بعد ذلك مطراً أو ثلجاً على اليابس ، والهواء هو المحرك للأمواج ، هذه العوامل في حركتها الدائبة تتولى تشكيل وجه اليابس وتعطيه معالـه وقسماته .

فالمياه الجارية بالانهار ، وكذلك السنة الجليد المتحركة بالآودية ، تقوم بحفر أخاديد عميقة على منحدرات الجبال ، وتؤدي الى تمزقها وتضرسها ، وتنقل فتات الصخر المتجمع لديها لتحطه في المنخفضات الأرضية ، أو ترسله الى البحار والمحيطات ، حيث تنشأ ظاهرات أرضية جديدة . أما الرياح فتدرو حبيبات الغبار والرمال ، وتنقلها من مواضع معينة ، لترسبها في أماكن أخرى قد تبعد مئات الكيلومترات عن مصادرها الأصلية ، فتكون الكثبان الرملية بأشكالها المختلفة . وكذلك الأمواج تضرب السواحل فتتال من صخورها في موضع ما ، وتلقي بحمولتها من الحصى والرمال في موضع آخر .

كل هذه العوامل الخارجية وإن اختلفت صورها ووسائلها ، هي من قبيل عوامل التسوية ، التي تهدف في النهاية الى تمليس وجه الأرض ، والإطاحة بمعاله البارزة ، وملء فجواته الفائرة ، فكانها تعمل في اتجاه مضاد لعمل مجموعة القوى الباطنية ، التي من طبيعتها البناء ، وتخليق الاشكال البارزة والفائرة بالسطح الخارجي من القشرة الأرضية وما تبأين مناسيب سطح الأرض في الوقت الحالي الادليل على تفوق العوامل الباطنية على عمليات التسوية الخارجية ، أو على الاقل بلوغ المجموعتين

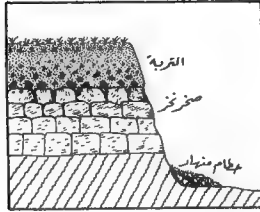
من العوامل درجة من التبادل والتلاحق ، يبقى على ما لليابس من ملامح تختلف بين سهول وجبال وتلال وأحواض وأودية وهضاب .

هكذا نرى أن سطح اليابس في تغير مستمر ، وما الصورة الراهنة سوى لقطة واحدة في شريط متتابع الصور ، فكثير من الجبال الشام التي نشأت في مراحل مبكرة من تاريخ كوكبنا الأرضي تأكلت وأصابها الهرم ، فلم يبق منها سوى جذور متداعية ، وكثير من الأحواض الفائرة امتلأت بالرواسب فأفعمت ، في حين طمت بعض البحيرات القديمة ، وظهرت الى الوجود أخرى حديثة ، كل هذا يتم بفعل مجموعة العوامل الخارجية لتشكيل سطح الأرض ، وهي التي نجعلها في الصفحات التالية .

التجوية

يندر أن تؤثر عوامل التعرية الخارجية في الصخر الصلد السليم ، فما لم تتعرض أسطح الصخر للوهن والضعف بفعل عناصر الطبيعة من ماء وهواء وكائنات عضوية ، فانه يقاوم النحت والازالة تحت تأثير المياه الجارية أو الجليد أو الرياح أو الأمواج ، ولعلنا جميعا قد شاهدنا تأثير عوامل الضعف هذه بادية على الصخور الكلسية حولنا ، حيث يتحول لونها من خلال مقاطع الطرق والمقاطع من أبيض ناصع الى أحمر صديء ، تتخلله الشقوق الكبيرة والصغيرة بأعداد لا تحصى قرب السطح ، كما تغطيه غلالات من التربة البنية يختلف سمكها من مكان الى آخر ، توجد تحتها مجالات من الصخور المعطمة والاحجار مختلطة بالطين والحصى ، قبل أن نصل الى الصخر السليم أسفل هذا كله ، فيبدو المقطع الجيولوجي للأرض في كثير من بلادنا على النحو الموضح (شكل ٣١) ، حيث تشغل التربة بضعة سنتيمترات قرب السطح ، وعلى عمق قليل يظهر حطام الصخر الأصلي الذي تكونت منه هذه التربة ، ثم الصخر المشقق فالصخر السليم على أعماق بعيدة .

العمليات التي تسبب وهن الصخر وضعفه وتشققه وتحلله على هذا



شكل (٣١) مقطع سطحي عام

النحو تعرف باسم التجوية Weathering ، وهي تشبه دائما بأضرار الطبيعة التي تسحق الصخر وتفتته فتشكل بذلك الخطوة الاولى في عمليات تعريته ونحته وازالته بواسطة العوامل الخارجية الاخرى التي المحنا لها . غير أن ميدان نشاط عمليات التجوية بالنسبة للارض ككل ميدان محدود للغاية ، وذلك لكون التجوية عمليات خارجية بحتة ، يقف أثرها عند حد الأسطح المكشوفة من الصخر ، وقلما تتجاوزها لأبعد من بضعة سنتيمترات تحته ، الا اذا تسللت خلال فجوات الصخر وفوالقه الكبيرة لبضع عشرات من السنتيمترات أو الامتار .

وتصنف عمليات التجوية عادة الى نوعين رئيسيين : تجوية ميكانيكية أو طبيعية وتجوية كيميائية .

التجوية الميكانيكية :

وتشتمل على مجموعة كبيرة من العمليات الهامة نذكر منها :

- ١ - الانفراط ، أي انفراط حبيبات الاسطح الخارجية من الكتل الصخرية بانفصال جزيئات من هذا السطح على شكل بللورات منفردة أو مجموعات منها ، كالحال بالنسبة للصخور الجرانيتية

عندما تنفرد جزئياتها مكونة رمالا خشنة، تشيع بمناطق توافر هذه الصخور بالصحرى .

٢ - التفلق ويعني تكسر جسم الصخر وانقسامه الى كتل على طول خطوط المفاصل وسطوح الانفصال التي تمزق أجزائه ، والتي توجد عادة في مجموعات مختلفة الاتجاهات ، تتقاطع مع بعضها بزوايا شتى ، وحين تعمل ظروف التجوية على توسيع هذه المفاصل ، فإن كتلة الصخر الأصلية تتفكك وتتحول الى حطام من جلاميد وكتل أصغر تحدها المفاصل والشروخ (شكل ٣٢ ، ٣٣) .



شكل (٣٢) التفلق

٣ - التقشر ، وهو عبارة عن انفصال قشور أو صفائح رقيقة أو سمكية من أسطح الصخر ، كالحال فيما ينتاب الجرانيت وحجر الصوان تحت تأثير ظروف معينة ، وينتج عن ذلك جلاميد كروية أو بيضاوية (شكل ٣٤ ، ٣٥) .



شكل (٢٣) التفلق



شكل (٣٤) التقشر



شكل (٣٥) التقشر

٤ - التشظلي ، وينتج عن تعرض الصخر للتكسر والانشطار الى
الى شرائح وشظايا على طول تشققات صغيرة في كتلته (شكل
٣٦) .



شكل (٣٦) التشظلي

وسائل التجوية الميكانيكية :

أشيع وسائل التجوية الميكانيكية ما اصطلاح على تعريفه باسم التفاوت
الحراري ، ذلك أن درجة الحرارة تملو كثيرا أثناء النهار بالجهات المدارية
خاصة بمناطق الصحارى ، ويحدث العكس أثناء الليل ، حين تنخفض
الحرارة بشكل ملحوظ ، ولعلنا في بلادنا نلمس هذا التفاوت الهائل بين
الحرارة العظمى أثناء النهار ، والحرارة الدنيا أثناء الليل أو قبل بزوغ
الشمس ، ويعرف هذا باسم المدى الحراري اليومي ، هذا المدى قد يصل
الى ٢٠ مئوية أو أكثر بالجهات الصحراوية المدارية ، بل وأعلى من ذلك
بكثير في أعماق الصحارى القارية ، ويتبع هذا التناوب اليومي في التسخين
والتبريد ، تمدد ملحوظ في المعادن المكونة للأسطح الصخرية أثناء النهار ،

وانكماش واضح لهذه المعادن أثناء الليل ، توالي التمدد والانكماش
يصيب جسم الصخر بضغط وقوى شد متتامة ، تعمل في النهاية على
تفسيكه ، وانشطاره الى أجزاء وكتل مختلفة .

بخصوص التفاوت الحراري بالاقاليم الباردة من العالم ، فان هذا
العامل يؤدي دوره في وجود الماء ، ويعرف باسم فعل الصقيع ، ويرى
البعض أن هذا العامل أشد بأسا ، أو على الاقل أوضح تأثيرا من عامل
التمدد والانكماش الذاتي بالصخارى الجافة . وينشأ فعل الصقيع نتيجة
تتابع تجمد المياه وذوبانها بين الليل والنهار في مقاصل الصخر وشقوقه
بعد تسربها اليه ، فمن المعروف أن المياه التي تدخل مسام التربة وشقوق
الصخر وفوالقه أثناء النهار ، أو خلال الفصل الدافئ بالجهات الباردة .
فإنها تتجمد أثناء الليل أو أثناء الفصل البارد ، عندئذ يزداد حجم بلورات
الثلج المتكون في الفجوات عن حجم الماء الداخل في تكوينه ، بمعدل يتراوح
بين ٩٪ و ١١٪ ، فتتولد لذلك ضغوط شديدة من داخل الصخر نحو
الخارج ، تكون من العنف بدرجة تفوق طاقة الصخر على التماسك فيتهدم
ويسحق .

في بعض الاحيان ، تنشأ التجوية الميكانيكية بسبب الحرائق التي تشب
في اقاليم الحشائش والغابات ، هذه الحرائق قد تندلع لأسباب طبيعية
كالصواعق ، أو قد يشعلها الانسان عن عمد رغبة في اخلاء الارض من
النبات الطبيعي لاستغلالها في أغراض الزراعة أو إقامة مراكز العمران ،
وكثيرا ما تشب النيران أيضا بسبب غفلة الانسان واهماله ، فتلتهم آلاف
الأفدنة من الاشجار والحشائش قبل أن تتمد ، على أية حال فان ارتفاع
حرارة أسطح الصخر تحت النيران في مناطق الحرائق بشكل مفاجئ ،
يسبب حدوث تشققات ، ويمهد السبيل أمام عناصر الوهن التي تدب فيها
من نقاط الضعف هذه .

تلعب الكائنات الحية أيضا دورا لا يستهان به في التجوية بنوعيتها ،
فالأشجار اذ تضرب بجذورها في شقوق الصخر سعي وراء ما هنالك من

تربة هزيلة ورطوبية ، فانها باستمرار نموها وتضخم جذورها ، تؤدي الى توسيع الشقوق وتعميقها واتصالها ، حتى تنفصل في النهاية كتل من الصخر ، وتقتلع من مواضعها ، ولدينا أمثلة كثيرة على هذه الظاهرة حيث تتشقق الأسوار والجدران التي تحفها صفوف من الاشجار ، تتلف جذورها المباني ، وتتسبب في تداعبها .

كذلك الديدان الارضية التي توجد بمئات الملايين في الفدان الواحد من الارض ، هذه الديدان تنحت طريقها في جوف التربة ، مخلفة وراءها متاهات من الثقوب والمسارب ، فتزيد من مساميتها ، وبالتالي من قابليتها على التهوية وسريان الماء ، كما أن هذه الكائنات حين تموت وتتمغن بقاياها ، تدخل مع الماء في تركيب أحماض عضوية تنشط العمليات الكيميائية ، وأخيرا فان بعض الحيوانات الارضية كالجرذان والارانب ، والحشرات كأنواع النمل المختلفة ، حين تحفر مأويها في باطن الارض ، تساعد على تفتيت الصخر ، وادخال الوهن الى جوفه .

والانسان حين حفر الانفاق في جوف الصخر ، ومن خلال عمليات التمددين والتجوير الكثيفة ، فانه بهذا يعد عامل تجوية هام ، حتى ليقال بأن الآثار التي تركها على وجه الارض من هذه الناحية ، تعادل عمل الطبيعة وحدها في عشرات الملايين من السنين ، كما يشاهد أثر الانسان فيما يحفر لارساء قواعد أبيته وشق الطرق والقنوات ، وغير ذلك من الأنشطة التي تغير جذريا من معالم وجه الارض .

التجوية الكيميائية :

يطلق على هذا النوع من العمليات الطبيعية أحيانا اسم التخلل ، تميزا له عن التجوية الميكانيكية التي تنتهي دائما بتفتيت الصخر أو تفككه ، وتحويله الى جزيئات أصغر فأصغر مع مرور الزمن ، دون أن تلحق بمكوناته تغييرا يذكر ، فالتجوية الميكانيكية هي مجرد عملية انتزاع قطع من الصخر واقتلاعها وجرشها أو سحقها وهي في مواضعها أو قريبا

منها . أما التجوية الكيميائية فتختلف عن ذلك تماما ، من حيث أنها أساسا تلحق تغيرات جذرية بالمواد الصخرية التي تصيبها ، فتحولها الى أشياء أخرى مختلفة عن المواد الأصلية ، مثال ذلك معدن الفلسبار في الصخور التي تشتمل عليه حين يتعرض لتغيرات كيميائية فانه يتحول الى مادة الطين ، التي تختلف في تركيبها وفي خصائصها الطبيعية وأهمها خاصية الحجم عن المعدن الاصلي . نفس الشيء يقال عن الصخور المشتملة على معدن الحديد ، حين يتحول هذا المعدن الى أكسيد الحديد .

وهناك اعتقاد شائع مفاده أن التجوية الكيميائية تسود عادة بالمناطق الرطبة من سطح الارض ، لان الماء عنصر هام كوسط تتم فيه التفاعلات الكيميائية ، بيد أن البعض يعتقد بأهمية العمليات الكيميائية حتى في البيئات الجافة وشبه الجافة ، وأنها بتلك البيئات رغم ندرة الماء ، لا تقل شأنًا عن العمليات الميكانيكية ، فالهواء في الظروف الطبيعية مهما جف ، فانه حتما يشتمل على نسب من الرطوبة التي يمكن أن تتكاثف على الأسطح الصخرية كندى خلال أوقات النهايات الدنيا للحرارة .

وينبغي أن نشير هنا الى تكافل النوعين من العمليات الميكانيكية والكيميائية ، فهما يعملان في تكاثف بحيث لا يمكن وضع حد فاصل بين أثر الواحد والآخر ، فاستشرام التجوية الميكانيكية ببقعة ما ، يساعد بصفة مباشرة على انتشار العمليات الكيميائية بهذه البقعة ، وتلك أبرز عمليات التجوية الكيميائية :

١ - التميؤ :

عبارة عن اتحاد الماء بأحد العناصر التي يتألف منها الصخر ، ومن هذا الاتحاد ينشأ عنصر أضعف تماسكا من العنصر الاصلي ، مما يؤدي الى النيل من صلابة الصخر ، من ذلك تحول الفلسبار في صخر الجرانيت الى طين الكاولين . وفي بعض الاحيان تؤدي عمليات التميؤ الى زيادة حجم المادة الاصلية بما يتحد معها من ماء ، فيتربط على زيادة الحجم تمدد

القشور الخارجية من الأسطح الصخرية ، في حين يظل حجم الكتلة الداخلية ثابتا ، وبالتالي يكون مصير الأغشية الخارجية الانفصال على شكل قشور .

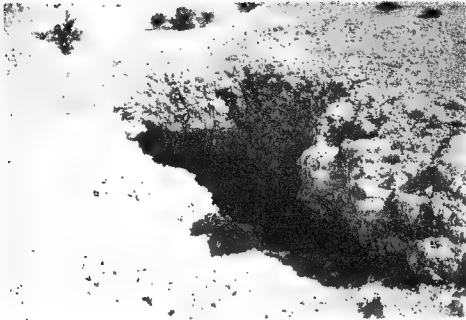
٢ - الأكسدة :

وهي تحول المعدن الى أكسيده ، بإضافة الماء والأكسجين الى الفلز ، وهذه العملية شائعة في صخور البازلت التي تشتمل على معدن الحديد بوفرة نسبية (حديد + أكسجين + رطوبة = أكسيد الحديد) . وأكسيد الحديد بطبيعة الحال أضعف من الفلز نفسه ، ولذا فإن معنى الأكسدة بالنسبة للصخور اضعاف ليونتها .

٣ - الكربنة :

وتتلخص في أن ماء الامطار أثناء سقوطه خلال طبقات الهواء ، فانه يحمل معه جزءا من ثاني أكسيد الكربون الموجود به ، فتكون النتيجة نوعا من حامض الكربونيك المخفف ، وعلى الرغم من كونه مخففا ، الا أنه محلول عظيم الفعالية في اذابة المواد الكلسية ، فالماء النقي تماما قليل التأثير على مادة الكالسيوم ، بعكس الحامض (حامض الكربونيك + كالسيوم = بيكربونات الكالسيوم + ماء) .

والبيكربونات مادة قابلة للذوبان في الماء ، ولهذا فان عملية الكربنة تبدو أوضح ما تكون في مناطق الحجر الجيري تحت ظروف المناخ الرطب ، وتعرف هذه العملية ببساطة باسم الاذابة ، ويتخلف عنها شوائب الصوان والطين الذي يكون نوعا من التربة المحلية الحمراء اللون الصالحة للزراعة ، وعندنا منها نماذج كثيرة بالاردن وكافة الاقطار العربية المطلة على الساحل الشرقي للبحر المتوسط ، وتبدأ الاذابة على امتداد مفاصل الصخور الكلسية ، التي تظل تتسع على حساب الكتل الصخرية المتلاشية ، مشكلة فجوات وكهوف تعرف في بعض جهات شبه الجزيرة العربية باسم الدحول (شكل ٣٧) .



شكل (٣٧) دحل المسفر

التجوية كعامل تشكيل :

على الرغم من أن عمليات التجوية في حد ذاتها لا تقوم بخلق ملامح تضريبية كبرى ، فإنها في الواقع تدخل كعنصر هام في الغالبية العظمى من عمليات تشكيل مظاهر سطح الأرض كبيرها وصغيرها ، فهي إذ تؤدي إلى إضعاف مقاومة الصخور ، فإنها تهيء السبيل لنشاط عوامل النحت والتعرية ، فتيسر عملها في اقتلاع الصخور من مواضعها ، ونقلها مسافات متفاوتة قبل أن ترسبها . كذلك فإن تعرض جميع جهات سطح اليابس للتجوية ، يجعل عملياتها بحق أوسع انتشاراً من غيرها من عوامل تشكيل وجه الأرض الأخرى كالثلاجات مثلاً التي يقتصر نشاطها على العروض العليا وأعلى الجبال ، أو فعل الأمواج والتعرية الساحلية التي لا تتجاوز الهوامش القارية المشرقة على مياه البحار والمحيطات .

أهم من هذا كله أن عمليات التجوية التي شبهناها بأضرار الطبيعة حين تسحق الصخور وتحللها ، فإنها بذلك تمهد الخطوة الأولى لجميع

العوامل الاخرى من مياه جارية ورياح وجليد ، لكي تتولى نقل الحطام فتجره أو تسحبه على الارض ، متخذة منه معاول حادة فعالة في نحت مايرز من القشرة ، وأحيانا يقع الحطام الصخري تحت طائلة الجاذبية الارضية على المنحدرات ، فيتحرك تلقائيا ببطء في زحف دائب ، أو يهوي بسرعة من حائق الى قواعد المرتفعات ، وجوانب الأودية ، وجروف الهضاب . ولعل أبرز ظاهرات السطح التي تساهم بها عمليات التجوية ما يأتي :

١ - اغطية الحطام :

يتألف الحيز الخارجي للغلاف الصخري من مواد سائبة هي نتاج تجوية أنواع شتى من الصخور المكشوفة ، ويتراوح سمك غطاء الحطام بين بضعة سنتيمترات ومئات الامتار ، وفقا للظروف الموضعية ، بالإضافة الى مدى نشاط عمليات الازالة ، وترجع أهمية هذه الأغطية المنتشرة على نطاق كوكبي حول الارض ، الى أن منها تشقق التربة ، وفي تضاعيفها تتراكم المياه الباطنية ، والرواسب المعدنية كالحديد والألومنيوم والذهب وغيرها ، وتمني سرعة تآكل هذا الحطام تدني مستويات السطح بالبقاع المعرضة للازالة .

٢ - التربة :

الحطام الصخري المتآكل المتحلل بفعل التجوية هو مصدر التربة ، فمنه تنشأ وبفضل توافره تنمو وتزداد سمكا ، وبالإضافة الى فتات الصخور الأصلية التي تتجمع على أسطح الصخور الصلدة التي انفصلت عنها ، فإن رواسب البحيرات والمواد الفيضية والركامات الجليدية ورمال الصحراء وحصباءها تمثل مصادر أخرى للتربة . ولما كان لكل نوع من هذه المواد مكونات معدنية خضعت بدرجات متفاوتة لعمليات التجوية ، فانه من المتوقع أن تتباين خصائص التربة بتنوع الصخور التي اشتقت منها ، ومدى ما أصابها من تفكك وتحلل .

المياه الجارية

تعتبر المياه الجارية بلا منازع أهم عوامل تشكيل بقاع واسعة من سطح اليابس، ليس فقط بالجهات الرطبة حيث تتوافر الأنهار المستديمة، بل أيضا بالمناطق الجافة وشبه الجافة التي تكثر بها الاودية ذات الفيضانات الموسمية أو المؤقتة ، وتبدأ أولى عمليات التشكيل بالتساقط مطرا وثلجا ، وهذه هي احدى مراحل الدورة الهيدرولوجية العامة التي تشمل تبادل الماء بين المحيطات والجو واليابس وذلك عندما يتصاعد بخار الماء من المحيطات ، فيحمله الهواء الى حيث تكون الظروف مناسبة ، فيتكاثف هذا البخار على شكل سحب تهطل أمطارا وثلوجا على سطح اليابس ، جزء من المياه الهاطلة يتبخر قبل أن يلمس سطح الارض ، بينما يتبخر جزء آخر بعد أن يصل التربة ، أو بواسطة عمليات النتح التي يقوم بها الغطاء النباتي ، ولكن اذا كانت كمية التساقط وفيرة ، فان شطرا من الماء يجري فوق السطح ، وهو عادة في حدود ثلث كمية التساقط الفعلي ، ويكون هذا الشطر الجداول والغدران والشعاب ، التي تتجمع في روافد ، تتشابهك وتتصل متعددة في مجار رئيسية وأنهار ، وهذا ما يعرف باسم الانسياب السطحي :

اشكال الانسياب السطحي :

١ - التدفقات المائية العشوائية :

يختلف هذا النوع من الانسياب السطحي عن تيارات المياه الجارية بالقنوات النهرية في كونه لا يتبع مجار محددة مستديمة واضحة المعالم ، بل ينتشر في أغشية رقيقة ، وأشرطة رقيقة من الماء ، تنشأ بسرعة فوق السطح حيثما أصابت الامطار بوابلها بقاع وجه الارض المختلفة ، وتتخذ التدفقات العشوائية أشكالا متعددة منها ما يعرف في الجهات الرطبة بالتدفقات الغطائية ، التي تنتشر على شكل أغشية مائية رقيقة ، خاصة

بأسطح الجهات الصخرية الصماء أو المغطاة بالتربة ، والتي تتميز باستواء غير عادي للأرض ، ومنها أيضا ما يجتاح الجهات المعشوبة ، فيسري بين الاعشاب كأشرطة رفيعة متعرجة تشبه الخيوط ، أو تسري تحت أوراق الاشجار المتساقطة بمناطق الغابات .

ينظر هذا النوع من التدفقات المائية بالمناطق الرطبة ، نوع آخر مشابه بالمناطق الصحراوية وشبه الصحراوية ، يعرف باسم الفيضانات الفطائية ويختلف عما سبق من حيث عظم كمية المياه المناسبة أثناء حدوثه ووفرتها ، كذلك غالبا ما يحمل الفيضان الصحراوي كميات طائفة من الرواسب السطحية التي دأبت عمليات التجوية على تفتيتها أزمانا طويلة .

٢ - المسيلات والجداول الصغيرة :

فيما بين التدفقات المائية العشوائية السابقة الذكر ، وبين المجاري المائية المحددة كالروافد والانهار ، توجد مرحلة من الانسياب السطحي ، تتبع مجار محددة ، ولكنها صغيرة وغير ثابتة ، هي ما يعبر عنه باسم المسيلات أو الجداول ، هذه المسيلات تنشأ بالآلاف أثناء كل عاصفة مطر ، وتنقص عقب ذلك بأيام قليلة ، وتتخذ هذه المسيلات مسارات شبه متوازية على جوانب التلال ، ومقاطع الطرق ، ولا يعتمد عمق الواحدة منها بضعة سنتيمترات ، وأحيانا يتبع ظهور هذه الجداول نظاما فصليا يتفق مع مواسم المطر ، ولكنها سرعان ما تختفي وتلتئم الأرض في فصول الجفاف ، وأهم ما يميز هذا النوع من الانسياب السطحي عظم نشاطه في ترمية التربة بالمناطق التي يزال منها الغطاء النباتي الطبيعي ، أو بالمناطق المزروعة على جوانب المنحدرات ، ما لم تتخذ المعايير الوقائية المناسبة .

مصدر المياه التي تفيض بها التدفقات العشوائية والمسيلات يتحدد تبعا لكمية الامطار ، وطول فترة سقوطها ، فإذا كان التهطل غزيرا

ومستمر لفترة كافية، فإن المياه تنصرف الى القنوات النهرية أو روافدها،
وأما الى البحيرات القريبة ، أما اذا كانت الامطار قليلة ضاعت المياه
بالبحر والتسرب قبل بلوغها القنوات الدائمة والمستطحات المائية .

٣- القنوات النهرية الثابتة :

تتبع المياه الجارية أقصر السبل في هبوطها على جوانب المنحدرات .
وتنتظم في شبكات متكاملة تعرف باسم نظم التصريف المائي ، يشغل كل
منها مساحة أرضية ببيضاوية أو قريبة للاستدارة ، تنصرف اليها المياه
التي قد تسقط على جميع بقاع هذه المساحة ، وهذا ما يعرف باسم
حوض التغذية ، ويفصل كل حوض عما يجاوره بواسطة ذرى مرتفعات
تؤلف ما يعرف باسم الفاصل المائي أو المقسم ، يلاحظ أن المياه الجارية
في الأحباس العليا من أي حوض نهري تتبع مجار صغيرة وغدران ، لا يلبث
الكبير منها أن يجتذب الصغير فينمو على حسابه في عملية تعرف باسم
اختزال الجداول ، ويتلاشى الصغير ويبقى الكبير الذي يكبر بفضل
ما ينصب فيه من مجار أصغر ، فيتكون لذلك رافد مائي صغير ، وحين
تنصرف مجموعات منه الى روافد أكبر تتكون روافد ثانوية ، تنصب
بدورها في روافد رئيسية ، تنتهي الى القناة النهرية الرئيسية .

فالقنوات المائية الثابتة المحددة عبارة عن أخاديد أرضية طويلة حفرتها
المياه الجارية على سطح الارض ، لكي تتمكن هذه المياه بما تحمته من
رواسب من سلوك أنجع السبل لنقل كل ما يصل من حوض التغذية بين
النابع والمصب ، وتختلف سعة القنوات المائية الطبيعية للأنهار فتتراوح
بين قنوات ضيقة يمكن تخطيها بالقدم كنهر الاردن ، وأخرى واسعة
يزيد عرض بعضها على الكيلومتر كالنيل . وتمارس الأنهار نشاطها في
تشكيل وجه الارض بواسطة ثلاث عمليات رئيسية هي النقل والنحت
والارساب .

النقل :

المواد التي تلتقطها مياه النهر من مجراه مباشرة ، أو تلك التي تجلبها اليه روافده من بقاع حوضه المختلفة ، بالإضافة الى المواد التي تفسلها مياه الامطار والتدفقات من جوانب المنحدرات ، تؤلف فيما بينها ما يعرف باسم حمولة النهر من المواد الصلبة ، هذه الحمولة تدفعها مياه النهر ، وتظل تنقلها معها نحو المصب الى مستقرها النهائي في البحر أو المحيط الذي ينتهي اليه النهر ، ويلاحظ أن أي مجرى نهري لا يستطيع أن ينقل حمولة تزيد عن طاقته أو تعادلها تماما ، يل الغالب أن يحمل النهر كمية من المواد دون طاقته ، وينقل النهر حمولته بالوسائل التالية :

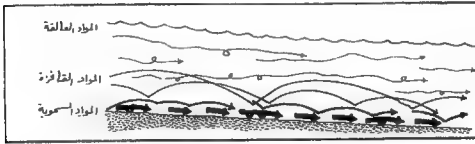
١ - الجر أو السحب :

وذلك بالنسبة للكتل الكبيرة من الفتات الصخري الذي لا يمكن لثقله أن يبقى عالقاً بالماء ، لذلك فإن قوة تدافع تيارات الماء بالقناة تعمل على سحبها معها ، بحيث تظل معظم الوقت ملامسة لقاع المجرى ، ولبعض الانهار السريعة الجريان مثل نهر كولورادو القدرة على سحب جلاميد ضخمة ، كما أن لكثير من الأودية الصحراوية الجافة من الانحدار والعنف عند سقوط الامطار الزوبعية المفاجئة ما يكفي لسحب ودحرجة جلاميد من الصخر ، قد تزن الواحدة منها بضعة أطنان .

٢ - طريقة القفز :

ومؤداها أن الحبيبات الصغيرة من فتات الصخر التي ينقلها الماء في المجرى تبقى عالقة لفترات أطول من النوع السابق ، ولكنها تمود بعد مسافات قصيرة للارتطام بقاع النهر ، فتندفع الى أعلى مرة أخرى ، وتسير مع التيار مسافة تعود بعدها للارتطام بالقاع ، فإذا اصطدمت بحصاة صغيرة أزاحتها قليلا عن موضعها ، أو رفعتها الى أعلى ، فتنفذ هذه الحصاة مسارا مشابها لتلك التي دفعتها ، وهكذا تنقل بعض الحبيبات

في فترات متتابة ، بينما تترحف بعض الحصى والاحجار على القاع بدفع الجبيلات التي تصطدم بها (شكل ٣٨) -



شكل (٣٨) النقل بواسطة الانهار

٣ - التعلق :

تتألف المواد العالقة بمياه النهر من الجزيئات الدقيقة من الرمل الناعم والغرين والطين ، ويمكن أن تظل عالقة بالماء لمسافات طويلة حتي تصل الى المصب . جزء كبير من حمولة معظم أنهار العالم ، خاصة أوقات الفيضان من هذا النوع ، ويمكن التأكد من ذلك بأخذ كأس من ماء النهر الذي يبدو عكرا ، فاذا ما تركت الكأس المليئة فترة من الزمن استقرت معظم الأكدار من المواد العالقة في قاع الكأس ، وظهر الماء فوقها نقيا من معظم ما شابه .

٤ - المواد المذابة :

وهي عبارة عن أنواع مختلفة من الاملاح الذائبة التي قد لا تبدو ظاهرة للعيان في مياه النهر ، ولكنها موجودة وتشكل جزءا من حمولته ، وتستنفد قسطا من طاقته ، بمعنى أن زيادة كمية هذه المواد تقلل من قدرة النهر على التحمل بالشوائب ، وقد تكون المواد المذابة على شكل أحماض عضوية نتيجة لتحلل مخلفات الفطام النباتي في حوض النهر ، أو قد تكون مواد كلسية اذا مر النهر بمناطق تكوينات الحجر الجيري ، بالإضافة الى كميات قليلة من الكلوريد والسلفات والسيليكات تقدر كميتها في الماء

بأجزاء في المليون جزء ، وتحمل مياه بعض الانهار كميات وفيرة منها ، قد تصل الى ألف جزء في المليون مثل نهر الاردن ، ولذلك فان مياه الانهار رغم غدوبتها الا أنها جميعا وبلا استثناء تشتمل على كميات متفاوتة من المواد المذابة ، وقد قدر أن كمية المواد المذابة التي تحملها أنهار الولايات المتحدة الامريكية الى المحيط تبلغ سنويا ٢٧٠ مليون طن ، كما تحمل أنهار العالم مجتمعة ما يقرب من ثلاثة بلايين من الاطنان من المواد المذابة الى المحيط كل عام .

النحت :

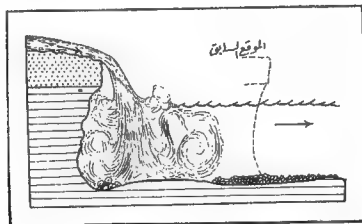
الواقع أن الكثير من عمليات النحت التي يقوم بها الماء الجاري قد لا تختلف كثيرا عما أوضحنا سابقا بخصوص النقل ، فالنحت والنقل في بعض مظاهرها شقان لعملية واحدة هي ازالة المواد ، لأن النهر اذ يقوم بنقل المواد من موضع ما ، فانه يعمل بذلك على تخفيض مستوى سطح هذا الموضع ، أي نحته .

ويتضح هذا بصفة خاصة أينما شق النهر سبيله خلال صخور رسوبية سائبة أو صخور ضعيفة التماسك ، فانه في هذه الحالة يتمكن من رفع جزئيات هذه الرواسب بسهولة من مواضعها ، ومن ثم يمكن أن نعد هذا نحتا أو نقلا ، كذلك الحال بالنسبة للصخور القابلة للذوبان في مياه الانهار ، فان عملية الاذابة في حد ذاتها من قبيل النحت ، لانها تقلل من حجم الصخور التي تعرضت بعض معادنها للذوبان ، بينما يعتبر تحمل مياه النهر بالمواد المذابة وحركتها مع التيار من عمليات النقل .

أما الجهات التي تتألف من صخور صلبة صلبة ، فان النحت النهري في حد ذاته لا يؤدي عملا يذكر ، ما لم تهد له السبيل عوامل أخرى كالتشقق والتفصل وانتشار سطوح الانفصال ، ثم التجوية الكيميائية بما نحدثه من توسيع لخطوط الضعف هذه ، فتيسر على تيار الماء الجاري اقتلاع كل الصخور واكتساحها ، وغالبا ما يكون الغضل في هذا راجعا الى حموله الماء

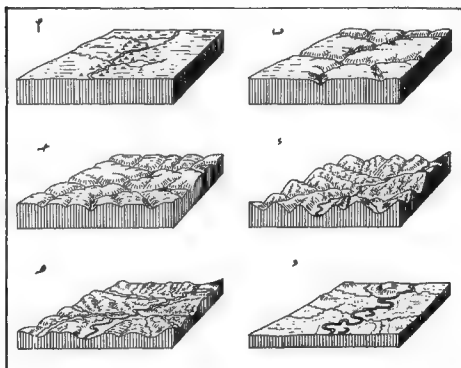
المسبقة من فتات الصخر الذي يستخدمه التيار كمطارق ينتزع بها الكتل ويقتلعها من مواضعها .

وتعرف عملية اصطدام الفتات الصخري المنقول مع التيار بجوانب المجرى وقاعه ، واحتكاك الكتل المنقولة بعضها ببعض باسم النحر ، فهذه العملية أيضا تؤدي الى تآكل الفتات المنقول ، فتتضائل أحجامه على طول الرحلة بين المنابع والمصببات ، فالنحر اذن هو تآكل الصخر ميكانيكيا بفعل احتكاكه بأجسام صخرية أخرى . وفي المجاري العليا للانهار بالمناطق الجبلية حيث معدلات الانحدار كبيرة ، تلعب عملية اقتلاع الصخور بواسطة الضغط الهيدروليكي دورا كبيرا في النحت ، فالتيارات المائية الجياشة بفعل اندفاع المياه بشدة تولد فيما بينها طاقة عظيمة من الضغط ، كفيلة باقتلاع كل كبيرة من الصخر الذي تحده المفاصل ، ومن ناحية أخرى تعمل التيارات المائية المضطربة على تكوين حفر في قيعان القنوات ، تظل تتسع بفضل دوامات الماء والمواد المنقولة حتى تتواصل ، فيزداد عمق هذه القنوات . كذلك تنشط عمليات النحت النهري بمناطق الشلالات ، حيث تتراجع التكوينات اللينة أسفل التكوينات الصلبة ، فلا تجد هذه في النهاية ما يسندها فتتهار في المجرى وتتكسر وتحملها المياه بعيدا (شكل ٣٩) .



شكل (٣٩) الشلال

بهذه الوسائل يحفر كل نهر واديه الذي يتناسب مع كمية المياه وسرعة التيارات ودرجة صلابة الصخر ومقاومته ، فيزداد العمق والسعة مع مرور الزمن ، كما أن منابع النهر وروافده تستطيل في عملية نحت صاعد الى أن تبلغ قمم المرتفعات تجاه المقاسم المائية التي تفصل الاحواض المتجاورة ، وعلى هذا تتآكل المرتفعات بمناطق المنابع ، فيتدنى مع الزمن منسوبها ، أما المواد الصخرية المزالة منها فانها ترسب في مواضع أخرى (شكل ٤٠) .



شكل (٤٠) تطور نحت كتلة أرضية بالمياه الجارية

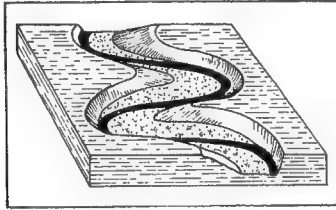
الارساب :

عندما يفقد تيار النهر السرعة اللازمة لتحريك حمولته من الرواسب في أية بقعة من مجراه ، فانه سرعان ما يتخلص من جزء من حمولته ، فيبدأ أولاً باسقاط أخشن ما بالحمولة من رواسب ، ولكن تضاؤل السرعة بعد ذلك يضطره لالقاء مواد أدق فأدق كلما تباطأ التيار أكثر فأكثر ، حتى

ترسب أخيرا المواد الناعمة العالقة بالماء عند نهاية الرحلة قرب المصببات ،
بمعنى آخر تصنف الرواسب النهرية حسب الاحجام ، تبعا لتناقص سرعة
التيار ، وتؤلف الرواسب عددا من الظواهر الهامة هي :

١ - السهول الفيضية :

في المراحل المبكرة من نشأة الانهار ، تنحصر المجاري المائية ما بين
جوانب صخرية وعرة ، بحيث يندر أن يكون هناك حيز ما بين المجري
وقواعد المنحدرات ، ولكن بدخول النهر مرحلة النضوج يتسع بطن
الوادي بفضل منعطفات القناة التي تدفع بالحوائط بعيدا (شكل ٤١) ،

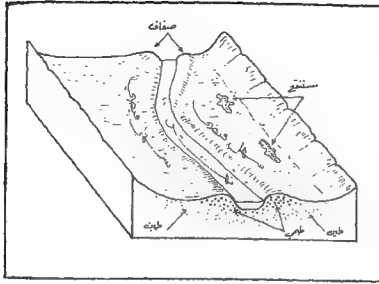


شكل (٤١) المنعطفات النهرية

فيفسح المجال لنشأة أسطح صخرية مستوية متزايدة المساحة على كلا
الجانبين ، هذه الأسطح تصبح عرضة لتلقي الرواسب في أوقات الفيضان ،
عندما تتخطى مياه النهر مجراه ، فتتفرع جميع الاراضي المستوية على
الجانبين ، وتنتشر فوقها غلالات من الرواسب الفيضية ، يزداد سمكها كل
عام ، حتى تبلغ في بعض الاحيان عشرات الامتار ، كالحال في النيل الادنى
بمصر (شكل ٤٢) .

٢ - الدالات :

لقد استطاع نهر النيل على مدى عصور طويلة أن يكون لنفسه سهلا
مثلث الشكل عند مصباته ، اقتطعه من مياه البحر المتوسط وفرشه بطبقات

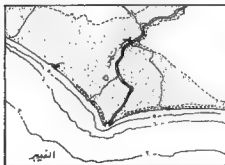
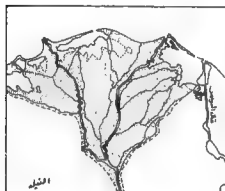


شكل (٤٧) السهل الفيضي

من طميّه ، فأطلق عليه الاغريق اسم دلتا ، نظرا لتشابه الشكل العام لهذا السهل مع الحرف الاغريقي (Δ) دلتا . ومن ثم صار هذا اللفظ علما يطلق على جميع الحالات المشابهة ، فحيثما انتهت مياه النهر الى مسطح مائي ساكن ، سواء كان المسطح بحرا أو بحيرة ، فإن سرعة التيار وبالتالي قدرته على الحمل تتلاشى فجأة ، فإذا كانت الظروف مواتية من حيث كمية الرواسب المجلوبة ، ومن حيث هدوء المسطح المائي وقلة عمقه ، تكونت دلتا ، ونظرا لأن المياه المالحة أكثر كثافة من الماء العذب ، فإن تيار الماء عند مصب النهر يصدم فيتوقف فجأة ، ومن ناحية أخرى تعمل المياه المالحة على تكتيل حبيبات الطمي بتجميعها بعضها الى البعض ، فتثقل ويستحيل بقاؤها عالقة بالماء ، فتستقر على القاع .

أما إذا كان قاع البحر عند المصب شديد العمق ، أو كانت التيارات البحرية والأمواج عظيمة النشاط ، أو لو كان القاع عرضة للهبوط التوازني بالتدريج ، فإن هذا كله من دواعي تأخر ظهور الدلتا ، وإعاقة نموها ، وتواضع رقعتها والدلتا المثالية سهل مثلث الشكل ، قاعدته نحو مياه البحر أو البحيرة ، ورأسه صاعد عكس تيار النهر .

والدالات على أنواع ، من أشهرها النوع المثلث المروحي الشكل ، الذي تمثله دلتا النيل الشهيرة خير تمثيل ، ومنها ما يشبه قدم الطائر مثل نهر المسيسيبي ، وهي دلتا مركبة من عدد من الدالات الصغرى عند كل مصب ، ومن الدالات أيضا ما ينشأ في مصبات خليجية ، ومن ثم فإن أشكالها تتحدد بأشكال الخليجان التي تنشأ بها ، ومن أمثلة ذلك دلتا نهر السين الصغير بمصبه الخليجي في القنال الانجليزي . وأحيانا قد تنشأ الدالات بمناطق تتميز باستقامة السواحل المفتوحة على البحار ، ومن ثم تصبح رواسبها عرضة لهجوم شديد من قبل الامواج والتيارات التي تبعثرها على كلا جانبي المصب ، فتتخذ قاعدة الدلتا في هذه الحالة شكل قوسين يتقاطعان أمام المصب الرئيسي ، وتسمى لذلك بالدال الحدباء ، كما هو الحال في نهر التيبر (شكل ٤٣) .

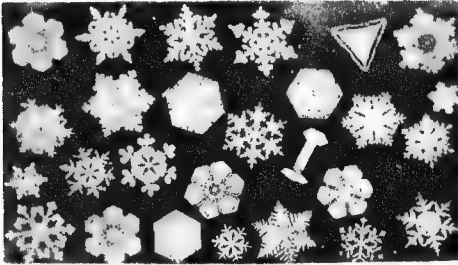


شكل (٤٣) أنواع الدالات

الجليد

الثلج :

عندما يتكاثف بخار الماء في الهواء تحت درجات حرارة دون نقطة التجمد يسقط الثلج ، الذي تتخذ بلوراته أشكالا هندسية غاية في التنوع والابداع (شكل ٤٤) ، وتشاهد هذه البلورات وقد التحمت في ندف



شكل (٤٤)

رهيفة ، كأنها قصاصات ورق أو زغب متطاير ، يذوب بعضه بمجرد بلوغه سطح الارض عند بداية التهطل ، ويبقى أكثره اذا استمر نزول الثلج بوفرة لفترة زمنية كافية ، وتتناسب نوبات التساقط الثلجي ومدته بقاء تكسوته على الارض طرديا مع ارتفاع كل من المنسوب وخط العرض .

فعلى الصعيد العالمي ، نلاحظ أن التساقط الثلجي هو القاعدة العامة لكافة البقاع الواقعة فيما وراء الدائرتين القطبيتين ، وهناك يستقر الثلج جليدا على الارض معظم أيام السنة ، نفس الشيء ينطبق أيضا

على الاراضي الجبلية الشاهقة حتى بالمعروض الدنيا قرب خط الاستواء، وفي بعض الحالات ربما فاق تساقط الثلوج على الجبال العالية صيفا حصيلة فصل الشتاء منها تبعا لفرارة التهطلات .

أهم ما يلاحظ هنا هو أن الثلوج المستقرة على السطح دون حراك ليست في حد ذاتها عامل نحت أو تعرية ، بل على العكس قد تقي أغطية الثلوج المستقرة المواد السطحية الناعمة تحتها من عصف الريح ، كما تسبب حالة التجمد المقيم وقف كل أثر للمياه الجارية في اقتلاع فتات الصخور واكتساحها من مواضعها ، وما لم تكن الاراضي التي تغطيها الثلوج عرضة لتناوب الذوبان والتجمد بين النهار والليل ، فان نشاط التجوية الميكانيكية فيما يعرف بفعل الصقيع يبطل تماما .

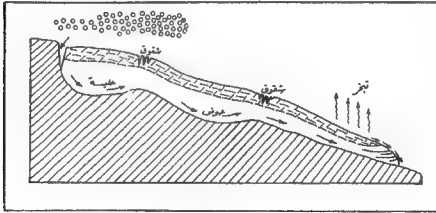
حقول الثلج :

أيضا استمرت تكدسات الثلوج فلم تذب من عام لعام فوق رقاع مترامية من الارض ، نشأت عنها حقول الثلج ، وتلك ظاهرة مألوفة في جميع العروض وان اختلف المنسوب ، ففي المناطق المدارية تقتصر حقول الثلج على تضاعيف أعلى القمم الجبلية ، خاصة ما اعتمص منها بفجوات ظليلة . وفي العروض المعتدلة والباردة تشيع حقول الثلج على مناسيب أدنى بكثير حتى اذا ما بلغنا العروض القطبية ، كست الثلوج الدائمة السهول الخفيضة على مناسيب تقترب من مستوى سطح البحر . ويلاحظ أن كافة المجموعات الجبلية الكبرى على سطح الارض تتمتع بحقول ثلجية ، تستوي في ذلك جبال آلاسكا وروكي وسيرانفاذا والمكسيك بأمريكا الشمالية ، وسلاسل الأنديز على طول امتدادها بغرب أمريكا الجنوبية، والالب والبيرانس والقوقاز ومرتفعات اسكنديناوة في أوروبا ، والمهيالايا وما وراءها من سلاسل في النصف الشمالي من آسيا ، وحتى الأعلام الجبلية الشاهقة بوسط أفريقيا الشرقي لا تخلو ذراها من حقول ثلج محدودة ، ضمن عروض استوائية حقيقية .

حقول الجليد والثلاجات :

الواقع أن كل حقل ثلجي هو بالضرورة حقل جليدي ، حيث أن الثلج متى تراكم بكميات كبيرة ، وتضاغطت أثقاله ، تحول بمرور الوقت الى جليد ، وبتوالي تراكم الثلوج وتضاغط الجليد في حقوله ، تشرع أغلفته في الزحف ببطء أينما انفسح أمامها مجال الحركة المطلقة ، وعندئذ تعرف السنة الجليد المتبعثة من الحقول باسم الثلاجات .

تتنوع أصناف الثلاجات تبعا لأحجامها وطبيعة الاراضي التي تستقر عليها ، فلو كانت حقول الجليد مما ينشأ على رؤوس الجبال ، فإن من الطبيعي أن يتحرك محتواها هابطا على السفوح ، فلو خرجت من مثل هذه الحقول وديان أرضية غائرة محدودة المسارات ، ترسمتها السنة الجليد المتدافعة وتركزت بمجاريها على نحو ما يحدث بالنسبة لتجمع المياه بقنوات أودية الأنهار . أما اذا شغلت حقول الجليد مساحات أرضية منبسطة باهتة المعالم ، انتشرت الاجسام الجليدية من مراكزها تجاه جميع الاطراف على حد سواء ، وتدعى الانواع التي تحتل فجوات الأودية ثلاجات الأودية ، وهي في المعتاد الصورة التي تتبادر الى الذهن أولا عند ذكر كلمة ثلاجة (شكل ٤٥) .



شكل (٤٥) ثلاجة جبلية

أما الفئة الأخرى فهي ما يعرف بثلاجات العروض العليا ، وتختلف قليلا في بعض مقوماتها عن الأنواع الألبية السابقة من حيث وعورة جوانب أشرطة الجليد ونهاياتها المفاجئة . بينما يتخذ الجليد المتراكم فوق أسطح السهول أو الهضاب المستوية بالمروض الباردة والقطبية أشكالا أقرب الى الاستدارة ، ومن مراكز هذه التجمعات الجليدية الهائلة ، تنتشر الحركة زحفا في جميع الاتجاهات ، مما يبرر تسمية تلك الاشكال أغلفة الجليد ، وأكبرها يغشى القارة القطبية الجنوبية وجزيرة جرينلند وأيسلند وجزر المحيط القطبي وأرخبيل شمالي كندا .

الأودية الجليدية :

تتميز الأودية الجبلية التي تحتلها الثلجات بخصائص معينة تفرقها عن الأودية النهرية العادية الناتجة عن عمليات النحت المائي ، ولعل أبرز هذه الخصائص استقامة الأودية الجليدية على امتداد مسافات كبيرة وعظم اتساعها ، وتسطح بطونها ووعورة جوانبها ، مما يبرر تشبيهها أحيانا بالحرف (U) كذلك تتصف بطون الأودية الجليدية بتضررها نتيجة اشتغالها على العديد من الفجوات والهوات الأرضية المغلقة ، بينما تبرز من أراضيها أعتاب صخرية ، وتكتنفها بين الحين والآخر تلال عقدية صغيرة كالأسافين .

تتأصل الأودية الجليدية الجبلية بحقول الثلج والجليد التي تملأ وهادا أرضية بين الذرى تدعى الحلبات ، وهي فجوات حوضية غائرة ، تقفلها حوايط جرفية سحيقة تجاه أعالي المرتفعات ، بينما ينفرج طوقها في الاتجاه المقابل عن فج تخرج منه الثلجة ، هو بداية الوادي الجليدي الذي يشرع من هناك سعيه هبوطا على جوانب السفوح ، وتتسم قيعان الحلبات بانحدار لطيف ، ابتداء من قواعد الجروف الى مغارج الفجاج ، ميسرة بهذا ولوج الأجسام الجليدية التي تشكل الثلجات .

يتعرض جليد كافة الثلجات الجبلية للتناقص بصفة مستمرة كلما

هبطت على السفوح ، ويتفاوت مدى امتداد الأطراف النهائية لها فيما ورام خط الثلج الدائم من موسم لآخر ، تبعاً لوفرة التساقط الثلجي ودرجات الحرارة ، ولا يتجاوز طول معظم الثلجات خمسة عشر كيلومتراً ، وعرضها بضع مئات من الأمتار ، وتتراوح سرعة حركة الجليد بها ما بين كسر من المتر والثلاثين متراً يومياً .

الثلجات القارية :

توجد أفضل نماذجها في نصف الكرة الشمالي بجرينلند ، التي يغطي ثلاثة أرباع مساحتها غلاف واحد متصل تتراعى رقعته فوق ما يقرب من ١,٣ مليون كيلومتر. مربع ، ويتجاوز سمكه بوسط الجزيرة ثلاثة آلاف متر ، ومن المحتمل أن يكون ذلك الثقل الرهيب الذي ترزح تحته أرض جرينلند قد سبب هبوطاً توازنياً ، غار بالأرض اليابسة في الوسط إلى ما دون منسوب البحر . وبالقرب من حواشي الجزيرة ينساب غطاء الجليد عبر فجوات في جبالها الهامشية كثلجات أودية عملاقة ، وغالباً ما تتكسر الأطراف الخارجية لهذه الثلجات عند هبوطها إلى مياه البحر ، مشكلة جبالاً جليدية طافية ، ويقدر معدل تقدم الجليد هنا بنحو عشرة سنتيمترات يومياً .

أعظم من هذا بكثير غطاء الجليد القاري على الجزيرة القطبية الكبرى أنتراكتيكا ، الذي يقدر بسبعة أمثال جليد جرينلند ، فهنا تغطي الأغلفة مساحة ٩ ملايين كيلو متر مربع ، أي ما يقرب من مساحة قارة أوروبا بكاملها ، والسطح العلوي له عبارة عن هضبة تشمخ أكثر من أربعة آلاف متر فوق مستوى مياه البحار المجاورة ، ولا تظهر الأرض اليابسة مطلقاً إلا في بعض الحواشي ، ويتكسر الجليد عند بروزه من اليابس في كتل ضخمة تحملها التيارات البحرية بعيداً عن المياه القطبية .

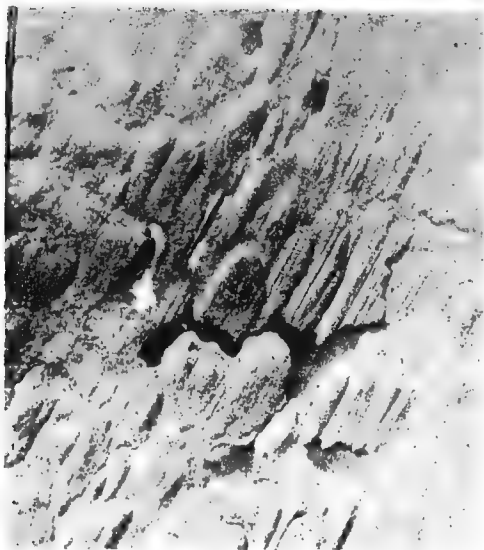
نعت الجليد :

تتوقف قدرة الثلجات وأغلفة الجليد كعوامل نحت على سرعة انسيابها ،

فالجليد المتحرك يحتاج أغطية التربة والرواسب السطحية ، ويسوي ما بالارض من مظاهر التضرس الصغرى ، أما معالم السطح الكبرى فانها تبقى كما هي باستثناء حفر الأخاديد والفجوات ، ويحفر الجليد المتحرك في الاودية أرضيات تلك الأودية ولكن حالما يقل الانحدار نحو مهابطها ، فسرعان ما تفقد الثلجة قدرتها على النحت والازالة ، وتجنح لالقاء أعباؤها من الرواسب الركامية متى سلبت الطاقة .

تتسلح الثلجات بفتات ما تلتقط من صخر أثناء زحفها على الارض ، كما تتزود بكل ما تلتقاه أسطحها من جلاميد ومواد ترسلها بين الحين والآخر تهدلات جروف العلبات ، وانهيار جوانب الأودية ، فتكتسب لذلك قدرة على النحت والتعرية ، وهي قدرة تتعاضد كلما اقتلعت ألسنتها المتحركة مزيدا من الأحجار وشظايا الصخور السائبة من مواضعها ، وجرفت معها في رحلة طويلة الى حيث تنتهي . وتعتبر هذه المواد بمثابة أضرار الجليد الطاحنة ، ونصاله الكاشطة ، فهو حين يدفعها بقوة ضفطه الهائل ، تمرك أسطح الصخر تحت الأغلفة ، وبامتداد بطون الأودية وجوانبها ، فتراها في كثير من المواضع بعد أن ينجاب الجليد محززة متآكلة ، وقد يبلغ عمق بعض الأخاديد الناشئة عن هذا النوع من النحت قرابة ثلاثين مترا ، بامتداد مسافات أفقية تزيد على الكيلومترين (شكل ٤٦) .

كذلك متى تصدت من سطح الصخر أجسام بارزة في طريق الجليد الزاحف تأكلت أوجعها الواقعة في مستهل الحركة ، وتخلفت عنها تلال بيضاوية أما أغشية التربة وأغطية الحطام الصخري التي كانت تكتسو الارض قبل مجيء الجليد ، فانها تعلق بألسنته ، وتظل تتآكل حتى تختفي كلية ، عندئذ يتعرض الصخر الصلب الذي كان دفيئا تحتها لعمليات الصقل والتخدد وفي نفس الوقت تتدافع كتل الجلاميد والحصوات أثناء الحركة ، فتطرق بعضها البعض ، وتحتك بأسطح الصخر حتى تبرى



شكل (٤٦)

وتطحن ، وينتج عنها مساحيق ترابية غاية في النعومة ، هي ما يعرف مجازاً
بدقيق الصخر .

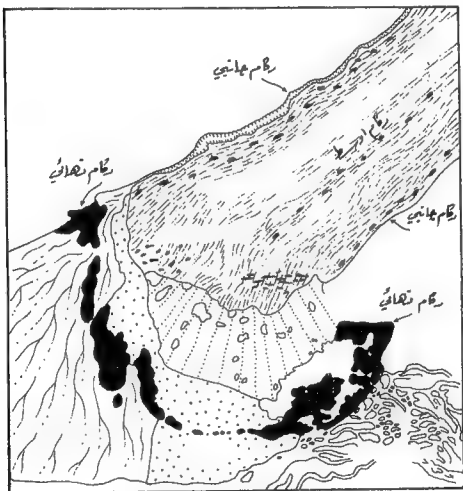
الارساب الجليدي :

ينقل الجليد المتحرك كميات كبيرة من الرواسب المولفة من الجلاميد

والاحجار والحصى والرمال والطين ، التي تشاهد مختلطة ، وتدعى الركامات وهي على أنواع :

١ - الركامات الجانبية وتوجد على كلا جانبي الأودية الجليدية الجبلية في كثير من المواضع .

٢ - الركامات الوسطى وتتكون عندما يلتحم ركامان جانبيان نتيجة لاتصال واديين جليديين والتحامهما في مجرى موحد . وتتكون هذه الركامات من أشرطة طولية مستقيمة في وسط المجرى الجليدي (شكل ٤٧) .



شكل (٤٧) الركامات الجليدية

٣ - الركامات النهائية وتوجد عند نهايات الثلجات ، وأحيانا يكون هناك أكثر من ركام نهائي واحد للثلاجة الواحدة ، يحدد كل منها مرحلة من مراحل تراجعها .

الرياح

النبعت :

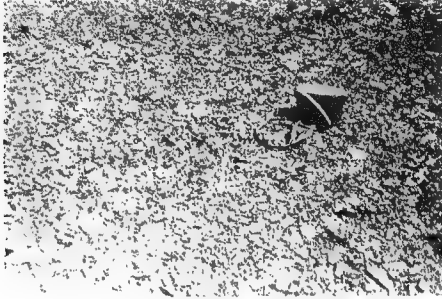
تؤدي الرياح دورها كعامل نحت باحدى وسيلتين : الوسيلة الاولى هي التذرية ، وتتم بواسطة قوة دفع التيارات الهوائية وحدها ، واحتكاكها بالسطح ، فحيثما وجدت مساحة من سطح الارض الجافة المكشوفة والمغطاة بمواد سائبة أو قليلة التماسك كفتات الصخور المعرضة للتجوية ، أو الرواسب الفيضية والجليدية أو رمال السواحل ، فان الرياح متى مرت بهذه الجهات التقطت بمض الحبيبات الدقيقة من بين الرواسب ، وحملتها أو جرتها بعيدا عن مصادرها ، لهذا فان جميع جهات السطح بالمناطق الجافة أساسا عرضة لهذه العملية ، بسبب شدة الجفاف ، وخلو الارض من الغطاء النباتي .

وبطبيعة الحال تكون الرياح أقدر على حمل الحبيبات الدقيقة من الغراب المشتق من الصخور الصلصالية والطينية والغرينية الى ارتفاعات كبيرة ، ولمسافات شاسعة ، أكثر من حبيبات الرمال الغليظة التي تتطلب هبات شديدة من الرياح ، قبل أن تتحرك بالقرب من سطح الارض ولمسافات قصيرة ، وأهم ظاهرات السطح التي تنتج عن التذرية هي :

١ - المرتصفات الصعراوية أو صعراوم الرق :

وهي عبارة عن الاراضي الصعراوية التي تفرشها الحصىات مع الرمال ، فتتولى الرياح تذرية الرمال الرقيقة من بين الحصىات التي تتركز بمرور الزمن ، فتكون قدرة متصلة مرتصفة من الحصىات ، التي

تتداخل ففتصلب وتكون أسطح غاية في الاستواء ، تصلح لسير المركبات بالصحراء وكأنها الطرق المرصوفة (شكل ٤٨) .



شكل (٤٨) المرتصفات الصحراوية

٢ - المنخفضات الصحراوية :

لا يتعدى أثر الرياح في هذا الصدد أحداث منخفضة متواضعة الحجم، محدودة المساحة ، تتراوح أبعادها بين بضعة عشرات من الامتار ، وبضعة كيلومترات على أقصى تقدير ، وتسمى تجاويف التذرية ، ويكثر وجودها بالمناطق الرملية خاصة . أيضا تتعرض السبخ والقيعان الصحراوية لازالة الأتربة بكميات كبيرة لدرجة أن بعضها يغور بضعة أمتار تحت السطح ، وتزيد أبعادها عن كيلومترات عدة .

وتنقل العواصف الشديدة كميات كبيرة من الغبار كرياح الهبوب في السودان ، مثل هذه العواصف تنقل آلاف الاطنان من الغبار العالق وباستطاعة الغبار أن يسافر مسافات شاسعة مع الهواء ، حتى أن أثر

بعض العواصف الترابية الشديدة يمكن تتبعها لمسافات تتراوح بين ثلاثة آلاف وأربعة آلاف كيلومتر بعيدا عن مصادرها .

أما الوسيلة الثانية للنحت بواسطة الرياح فهي التخديد أو التخريش ، وتتم بواسطة الرياح المحملة بالرمال ، فترى أعمدة الهاتف في الصحراء متآكلة القواعد ، وتقوم الرياح في هذه الحالة بعمل يشبه عمل ورق الزجاج ، ويبدو أثر نحت الرياح والرمال كذلك في الجلاميد وكتل الصخر ذات الأسطح اللامعة المتآكلة ، ومن الاشكال التي تنشأ عن ذلك أيضا الحصىات المثلثة الاسطح كالجوز البرازيلي ، وهي تظل تتآكل حتى تتحول الى صفائح رقيقة ، وأفضل البقاع التي يمكن العثور فيها على تلك الحصىات المشطوفة المصقولة ، هي المناطق الواقعة تحت الريح مباشرة من التراكمات الرملية .

الارساب :

تنتقل الرمال مع الهواء كائناتقال الرواسب الفيضيه بالماء، اما بواسطة الجبر والسحب أو التعلق أو القفز أو الزحف ، ومصير الرمال والتراب مهما طاللت حركته مع الرياح هو الاستقرار مرة أخرى ، ويرجع ذلك لبطء تيارات الهواء فجأة ، أو اعتراض عقبات طبوغرافية لها ، عندئذ تتخلص الرياح من معظم حملتها ، وأشهر الرواسب نوعين :

١ - تربة الليس : وهي عبارة عن طبقات من الغبار الرقيق ، حملتها الرياح مسافات طويلة قبل أن تضعها ، وأبرز نماذجها بشمال الصين ، وشرق نهر المسيسيبي ، كذلك يوجد الليس في بعض جهات الاردن عند الفرق وجنوب الضبعة على طريق العقبة ، هذه التربة غنية متى وجدت الماء الكافي .

٢ - الرواسب الرملية : منها ظلال الرمال خلف العقبات الطبوغرافية ، والكثبان الهلالية وكثبان السيف أو الغرود الطولية، والنباك وهي كومات

رملية تتجمع خلف أكمات النبات في الصحراء ، ثم فرشات الرمال التي تغطي مساحات واسعة من السهول الرملية بكثير من الصخارى . وفيما يتعلق بحركة الرمال مع تيارات الهواء وعوامل تشكل تلك الانماط الرملية ، فهي غاية في التعقيد ، وتتطلب استفاضة تخرج بنا عن الهدف من هذه المعالجة المقتضبة .

الامواج

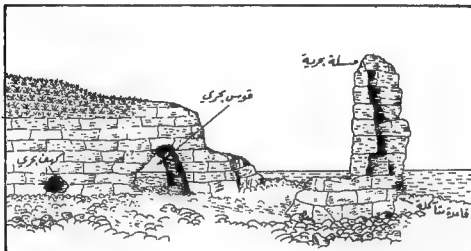
النحت :

تمارس الامواج نشاطا حثيا ملحوظا بالجهات الساحلية ، خاصة تلك التي تنفتح على البحار الكبرى والمحيطات ، فالامواج عندما تتحطم على صخور الساحل فان ضغط الماء والهواء المحتبس معه يبلغ مئات الاطنان على القدم المربع الواحد من السطح . فضلا عن ضربات المياه ، فان ما تحمله من حطام الصخر يكون كالمطارق التي يتوالى وقعها على صخور الساحل فتتهار ، وتمد الامواج بمزيد من هذه المطارق ، كما تحصل الامواج على كثير من المواد المفتتة التي تأتي بها مياه الانهار كالحصى والرمال .

ويساعد الامواج في عملها رخاوة قواعد بعض الجروف الصخرية التي تنال منها بسرعة فتهدمها ، وكذلك تلعب الشقوق والمفاصل بالصخر دورا هاما في تأكلها أمام الامواج ، على أن أنشط الامواج في عمليات النحت هي ما كان عموديا على خط الساحل ، بعكس الامواج التي تصل الساحل بزاوية ميل كبيرة فانها تكون قليلة الفعالية في هذا المضمار . وأهم ما تحدثه الامواج من ظاهرات النحت ما يأتي :

١ - الانفجوات القاعدية : وتنشأ نتيجة لضرب الموج قواعد الجروف الصخرية فتتراجع في مراحل ، حتى تصبح الفجوة من العمق بدرجة

تمجيز معها الصخور التي تملوها عن مقاومة قوى الجذب فتسقط، ويترجع الساحل الصخري في نوبات متتامة بتأثير هذه العملية ، وتتقدم في أعقابها مياه البحر ليستمر عمل الامواج من جديد ، لكي ينشأ في النهاية رصيف نحت مستو بمحاذاة الشاطئ (شكل ٤٩) .



شكل (٤٩) نحت الامواج

٢ - الكهوف : حيث تكثر المفاصل الرأسية في الصخور ، وحيث تهب على الشاطئ العواصف والأنواء فتقوى الامواج، تتكون الكهوف التي تجوفها ضربات الموج في التكوينات الرخوة ، وأحيانا تتكون الكهوف فوق مستوى الماء ، كما أنها في بعض الاحيان تنشأ تحته ، وتواجه فتحات الكهوف مياه البحر ، في حين تتعمق فجواتها داخل اليابس .

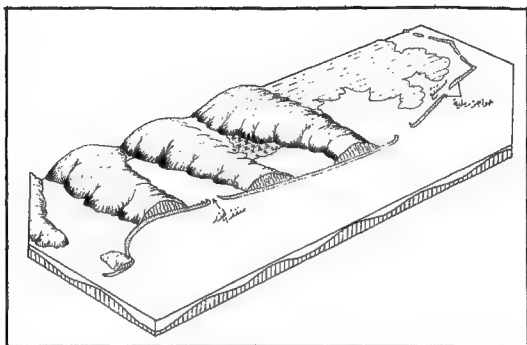
٣ - الأقواس البحرية : عندما تبرر السنة من الصخر في ماء البحر ، تضربها الامواج من جانبيين ، فتؤدي الى تكوين فجوتين قاعديتين متقابلتين في كل بروز من هذه البروزات ، تتحول الفجوات مع الزمن الى كهوف ، ثم تتواصل الكهوف ، فيبقى القسم العلوي معلقا على الفجوة النافذة ، ومن ثم يتشكل القوس .

٤ - المسلات البحرية : وهي خطوة تالية لتكون الاقواس البحرية ،
في استمرار فعل الموج ، ترق أسقف الاقواس ، وتتسع الفجوة من تحتها ،
فلا تلبث أن تنهار الاسقف ، مخلفة تجاه البحر عمودا من الصخر ييسو
كمسلة قاعدتها عريضة متأكلة ، ورأسها مدبب مسنن (شكل ٤٩) .

الارساب :

تكون الامواج أشد ما يمكن عنفا على الجهات البارزة كرؤوس صخرية
في مياه البحر ، ولكنها تضعف كثيرا وتتوزع طاقتها في المناطق الفائرة
التي تشكل الخليجان ، ومن ثم فإن الامواج تعمل على تآكل الرؤوس
وتراجعها بسرعة ، في حين تساعد الامواج الضعيفة على طم الخليجان ،
وامتلائها بالرواسب . بالإضافة الى ذلك فإن الامواج التي تضرب سواحل
صخرية كثيرة الشقوق والفجوات ، فانها تنتزع منها كميات طائلة من
الاحجار ، التي تظل تمر كها جيئة وذهابا حتى تلثم جوانبها ، فتتكور أو
تصبح بيضاوية ، فإذا ما زادت حمولة الموج من هذه المواد عن طاقتها ،
أرسلت قسما منها كأشرطة طولية بمحاذاة الساحل ، فتعرف لذلك باسم
السواحل الحصبائية ، وهي مواد غليظة ، يتمذر على الامواج العادية
الهائلة بلوغها أو سحبها بعد تراكمها الى البحر مرة أخرى .

أما الخليجان فانها نتيجة حمايتها من الموج العاتي ، تصبح لذلك حيزا
ارسابيا تلقى به وعلى جوانبه المواد الدقيقة من الرمال الصغيرة على شكل
هلال ، وأحيانا أخرى تضع الامواج حمولتها عند مدخل الخليج قبل أن
تبلغ الساحل ، وفي هذه الحالة تظهر الرواسب الرملية كجسر عرضي يصل
ما بين جانبي الخليج ويفصل جزئه الداخلي عن مياه البحر فيتحول الى
بحيرة ساحلية . أما عند مصبات الانهار التي تحمل رواسب الرمال ، فقد
تتكون أمام الساحل حواجز رملية من المواد الفيضية ، تحصر بينها وبين
الساحل مستنقعات وغياض (شكل ٥٠) .

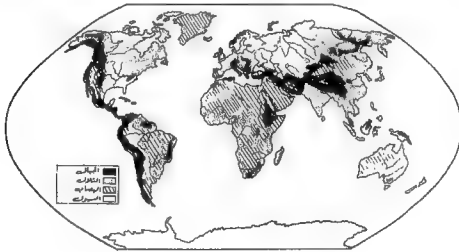


شكل (٥٠) رواسب الشواطئ

الفصل السادس

الأنماط التضريسية الكبرى

يتألف سطح الارض من عدد محدود من الاشكال التضريسية الكبرى
لوشننا تصنيفه الى أنماط بناء على عاملي المنسوب والانحدار (شكل ٥١)



شكل (٥١) اصناف التضاريس الكبرى

فعند أدنى المناسيب ، أي أقربها الى سطح البحر ، تنفسخ أراضي السهول
المنبسطة المستوية ، وهي لذلك أراض قليلة الانحدار ، لطيفة التضرس ،

باهتة المعالم على النقيض من ذلك الاراضي المرتفعة ، ذات الذرى الشامخة والمنحدرات الوعرة ، فانها تكون الجبال ، التي هي أشكال أرضية بارزة ، شديدة التضرس ، ذات ملامح نافرة ، يتكسر عليها خط الافق ، لتفاوت مناسيبها بين هوات سحيقة في فجاج الادوية الغائرة ، وبين قمم عالية تنتصب فوقها مئآت الامتار .

فيما بين النقيضين ، توجد صورتان أخريان ، تجمع كل منهما بين بعض خصائص النوعين السابقين ، وهما الهضاب والتلال ، فالهضاب تأخذ من الجبال شموخ المناسيب في الغالب الاعم ، كما تأخذ من السهول انبساط الاسطح العليا واستواءها ، غير أن الادوية الغائقة التي تمزق معظم الهضاب العالية حول العالم ، تعطيلها مظهرها جبليا في المعتاد ، ينأى بها كثيرا عن أراضي السهول المتصلة . أما التلال ، فتشبه الجبال من حيث الوعرة ، والتضرس ، ولكن على نطاق مصغر ، حيث تتواضع مناسيبها ، فتقترب بذلك من مناسيب الاراضي السهلية .

أولا : السهول

السهول زقاع فسيحة من الاراضي المستوية ، التي ان وجد بها شيء من التضرس ، فانه لا يزيد عن أسطح تلال محدودة ، تنحدر جوانبها بلطف فوق مستويات السطح العام ، والسهول وان اشتركت في تلك الخصائص العامة من حيث الاستواء ، وهوادة السطح ، الا أنها تتميز فيما بينها تمايزا شديدا ، فبعضها خفيض لا يعلو كثيرا عن المستوى العام لسطح البحر ، بينما قد يرتفع بعضها مئآت الامتار فوقه ، ومنها ما يتماوج سطحه ، كما أن منها ما تكتنف وجهه الغياض والمستنقعات ، أو تغشاها كثبان الرمال والحصى ، في حين قد يستقر الجليد دائما فوق أسطح بعض أنواع السهول بالمناطق القطبية ، بينما قد يكشف بعضها الآخر عن وجه حجري قاس .

تساعد سمات التسطح والاستواء في ظل بعض الظروف الطبيعية

المناسبة على انتشار البشر بأعداد متكاثفة فوق أديم الاراضي السهلية ، ويبدو ذلك الامر واضحا عند موازنة خريطتين احدهما للتضاريس والاخرى لتوزيع السكان حول العالم ، فباستثناء السهول الجليدية والحجرية ومناطق المستنقعات والادغال الاستوائية ، فان بقية الاراضي السهلية تنص بسكانها حيث يسهل استثمارها في أغراض الزراعة واقامة العمران وانشاء شرايين المواصلات متى سمحت ظروف المناخ والتربة بذلك .

اصل السهول :

استواء أسطح الجهات السهلية مرده أحد ثلاثة عوامل :

١ - اما أن مساحات واسعة من الارض قد سوتها عوامل طبيعية معينة ، خفضت من مناسيبها بازالة ما كان بها من معالم تضرس ، أو أن هذه المساحات قد تعرضت للطم السريع بمواد ارسابية جلبت اليها من خارجها فطمرت ما بأسطحها من دواعي عدم الانتظام وتباين المناسيب .

٢ - قد يكون استواء السطح ناجما عن استقرار الارض ، وعدم معاناتها لحركات باطنية على الاقل أثناء الاحقاب الجيولوجية المتأخرة ، اذ أن حركات الرقع يتبعها في المعتاد تمزق الكتل الناهضة بفعل الاودية النهرية ، واقتراقها بالتالي عن السطوح السهلية المستوية .

٣ - قد يكون من بين أسباب استواء الاراضي السهلية حدثة العهد بحركات النهوض بشكل لم يدع الفرصة الزمنية الكافية لان تقطع الانهار أوصالها .

التوزيع الجغرافي للسهول :

١ - امريكا الشمالية : تتمتع هذه القارة بنسبة عالية من السهول ، حتى لا يفوقها في ذلك سوى قارتي أوروبا واستراليا ، فعلى طول امتداد وسط القارة من المياه المدارية على سواحل خليج المكسيك الى المياه

القطبية على سواحل المحيط المتجمد الشمالي ، تنتشر أراض سهلية عبر مسافة تقرب من خمسة آلاف كيلومتر ، يحف بهذا السهل القاري العظيم من الغرب سلاسل من التلال والهضاب والحافات الجبلية لمقدم واجهة جبال روكي ، التي تنتهي شمالا تاركة شريطا سهليا يمتد غربا على ساحل المحيط المتجمد الشمالي لشبه جزيرة آلاسكا ، يقابل هذا في الجنوب امتداد للسهل الداخلي شرقا حتى يصل الى المحيط الاطلنطي ، وهناك ينبعث منه شريط ساحلي ينتشر شمالا حتى خليج سانت لورنس ويتفصل بذلك عن الداخل بواسطة كتلة جبال الابلاش ، أما كتلة المرتفعات اللورنسية الى الشمال من مصب سانت لورنس فتحد السهول الكندية الداخلية من الشرق .

ليس أدل على استواء هذا السهل الفسيح من أن المسافرين من دلتا المسيسيبي الى مصب نهر ماكنزي عبر القارة لن يتسلق أراض يزيد منسوبها على ٢٥٠ مترا في أية بقعة على طول الرحلة ، بالإضافة الى ذلك يوجد عدد من السهول الصغرى يطلق عليها اسم أودية ، مثل وادي كاليفورنيا الاوسط ، وحوض بحر سولتون بشقيه وادي امبيريال في الجنوب ووادي اكنوتشيلا في الشمال ، بالإضافة الى ذلك توجد سهول جيرية بحيرية بكل من شبه جزيرة فلوريدا وشبه جزيرة يوكاتان .

تعتبر قارة أمريكا الشمالية قارة محظوظة بنصيبها من السهول الفسيحة ، خاصة النطاق القاري الداخلي المتصل ، حيث تقوم على أرضه الرحبة حياة زراعية غنية ، يندر أن يوجد لها مثيل ، فاستواء السطح ساعد على تطبيق الوسائل الآلية الحديثة على نطاق واسع في كافة عمليات الانتاج بالجملة ، يضاف الى ذلك رطوبة المناخ ووفرة الامطار والخصب النسبي للتربة عبر مساحات شاسعة ، لهذا تشتهر هذه السهول بانتاجها الهائل من أحزمة ثلاثة ، هي حزام القطن جنوبا ، يليه حزام الذرة في الوسط ، فحزام القمح الشتوي ثم القمح الربيعي في الشمال ، وهي جميعا سر فائض الاغذية ، التي تصدر كميات منها كمعونات يتبعها من واذى للاقطار المعوزة التي تتلقى منها النزر اليسير .

٧- أمريكا الجنوبية : يتبع التنظيم التضريسي هنا نمطا مماثلا كما بقارة أمريكا الشمالية ، فالسهول الواسعة تشغل القلب القاري ممتدة أيضا من الشمال الى الجنوب ، تحفها المرتفعات من الغرب والشرق ، وتشتمل الرقعة السهلية أراضي البما الارجنطينية ، وتمتد شمالا الى منخفضات بارانا ، التي تتصل بدورها بسهول الامزون الفسيحة ، حيث تنفتح على المحيط الاطلنطي عبر ممر على امتداد المجرى الأدنى لنهر الامزون ، المرتاد لتلك السهول طولا وعرضا ابتداء من بيونس آيرس الى مصب الامزون ، لا يصادف في رحلته اراض يعلو متسويها على ٢٥٠ مترا فوق مستوى سطح البحر ، على غرار السهول الداخلية لأمريكا الشمالية ، ولكن مع هذا فسهول أمريكا الجنوبية رغم اتصالها يفرض على بعض أجزائها نوع من العزلة بسبب بعد الشقة عن الجهات الساحلية ، وأيضا بسبب انتشار المستنقعات عبر مساحات واسعة في بعض البقاع ، وتماسة الظروف المناخية في بقاع أخرى .

كذلك الحواف الجبلية هنا أشد وعورة وأعظم اتصالا من تلك بقارة أمريكا الشمالية ، فسلال الانديز أشمخ وأعظم استمرارا من الروكي ، والهضاب الشرقية أوسع ولكنها أقل وعورة وتمزقا من الأبلش ، فمن ريودي جانيرو على ساحل البرازيل الى سهول الامزون يقطع المسافر ٣٢٠٠ كيلومترا في اراض هضبية تكتنفها تلال تعد بمثابة برية قليلة السكان .

على الجانب الشمالي من القارة يقع ثاني سهول أمريكا الجنوبية سعة في حوض نهو الأورينوكو ، الذي يمتد كفجوة هائلة بين قواعد جبال الأنديز والبحر الكاريبي ، عبر مسافة تزيد على ١٥٠٠ كيلومترا ، ويطوق هذا الحوض من الغرب والشمال قوس من شعب الأنديز ، في حين يفصله عن سهول الامزون مجموعة هضاب جيانا . ويعيب هذا الحوض فصلية صارمة في توزيع المطر حيث الشتاء قاسي الجفاف والصيف منهزم المطر .

بقية الاراضي السهلية بأمريكا الجنوبية عبارة عن مساحات محدودة

ولكن لبعضها من الخصائص الطبيعية المواتية ما جعلها مراكز تكاثف سكاني هائل كالحال في وادي تشيلي الاوسط والسهل الساحلي لأوروغواي بعضها الآخر تنقصه هذه الميزات كالصحارى الساحلية الغربية في شمال تشيلي وامتدادها شمالا في بيرو .

٣- السهول الأوروبية : أكبرها السهل الروسي الذي يبدأ من منطقة البحر الأسود وبحر قزوين عبر أعراض بقاع القارة شمالا حتى المحيط المتجمد الشمالي ، عند الطرف الجنوبي لجبال أورال ينفتح هذا السهل شرقا ليمتزج بسهول التركستان وغرب سيبيريا في آسيا ، وعلى الرغم من أن بعض أجزاء هذا السهل أراض صحراوية وشبه صحراوية في أقصى الجنوب والجنوب الشرقي ، وبعضها الآخر بارد تغطيه المستنقعات في الشمال ، فإن الشطر الأكبر منه أراض منتجة ، هي التي تمد الاتحاد السوفييتي بالقسط الأوفى من حاصلاته الزراعية ، التي قد يجد فائضها سبيله في يسر الى مواني البحر البلطي والبحر الأسود .

يضيق السهل الروسي غربا تجاه المحيط الاطلنطي ، حيث يطوق جزء منه سواحل البحر البلطي ، ويمتد طرفه الغربي القصي عبر شمال المانيا والدانمرك والاراضي المنخفضة وغرب فرنسا حتى قواعد جبال البرانس هذا الانفتاح على البحر واختفاء الاراضي المرتفعة ييسر دخول مؤثرات المناخ البحري الملطف الى داخل القارة ، فيكسبها رطوبة واعتدالا .

فيما عدا ذلك تتمتع الكثير من أقطار القارة برقاع محدودة من السهول تناسب مساحة كل منها ، أبرزها سهل البو بشمال إيطاليا ، وسهول حوض الدانوب الأوسط بهنغاريا ويوجوسلافيا ورومانيا ، غير ذلك نجد سهل الرون في فرنسا ، وسهول الاندلس في جنوب اسبانيا ، هذا فضلا عن جيوب سهلية صغرى فيما بين مياه البحار الجنوبية والتلال الداخلية بكل من إيطاليا واليونان ، وترجع أهمية هذه السهول الى أنها كانت النوى التي نشأت عنها بادرآت مدنيات قديمة راقية أيام العصور الذهبية للرومان والاغريق .

٤ - إفريقيا : شطر زهيد للغاية من مساحة هذه القارة أراض سهلية، اذ أنها في المعظم قارة هضبية كبيرة ، وتكتنفها العديد من المنخفضات الصغرى في الداخل ، وتطوقها أشرطة ساحلية وطينة رفيعة على طول حواشيتها ، أشهر هذه المنخفضات حوض الكونغو ، وهو سهل واسع مستدير في مثل مساحة فرنسا ، تحفه هضاب عالية من كل جانب ، ويناطر في موقعه وظروفه المناخية والنباتية سهول الامزون بأمريكا الجنوبية ، الى الشمال من هذا الحوض يوجد منخفض تشاد بسهوله الصحراوية وبحيرته الملحية ، شبيه بذلك أيضا منخفضات موريتانيا الشاسعة التي تمتد من قلب الصحراء غربا لتتصل بالسهول الساحلية لغرب القارة وامتدادها شمالا على طول السواحل المغربية ، وجنوبا الى غينيا بيساو، ويبلغ طول هذه الشقة السهلية الساحلية على الاطلنطي نحو ٢٢٠٠ كيلومتر .

بقية السهول الافريقية تتخذ نمطا شريطيا واضحا ، خاصة المدقة منها بالسواحل الغربية للقارة ، والتي تمتد منها السنة لمسافات متباينة نحو الداخل ، بعضها أراض صحراوية كجنوب تونس وجنوب غرب أفريقيا والصومال ، وبعضها الآخر مداري حار رطب كدلتا النيجر، ولكن أهمها في الواقع الشريط السهلي الضيق الذي يعبر مساحات واسعة من الصحراء على جانب وادي نهر النيل ، حيث نشأت واحدة من أقدم حضارات الارض فوق مساحات من أراض خصبة يسقيها النيل .

٥ - آسيا :

بهذه القارة التي تبلغ مساحتها نحو ضعف مساحة قارة أمريكا الشمالية، يوجد واحد من أكبر السهول رقعة تترامي أطرافه ما بين منخفض بحر قزوين ومياه المحيط المتجمد الشمالي ، أي ما يماثل عرض أراضي الولايات المتحدة الامريكية عبر أعرض بقاعها من الشرق الى الغرب . غير أن هذا السهل الآسيوي يتفاوت كثيرا في سمته من بقعة لأخرى ، اذ

يبلغ أقصى عرض له في غرب سيبيريا ، ولكنه يضيق نسبيا أينما امتدت الى قلبه السنة من السلاسل الجبلية ومرتفعات وسط القارة من الجنوب والشرق ، على طرفيه يوجد نوعان من الصحارى : في الشمال أصقاع التندرا بمستنقعاتها وبرودتها ، وفي الجنوب الصحارى القارية بجفافها وملوحتها، ولكن فيما بين هذه وتلك تمتد سهول رائعة ، صالحة للاستثمار خاصة الى الجنوب من خط السكة الحديد الذي يصل ما بين أراضي روسيا الأوروبية وساحل المحيط الهادي . منذ سنوات شرعت السلطات السوفيتية في استصلاح واستزراع هذا السهل وتعميره ، فأثمرت الجهود ، وتحسنت أحوال الارض وسكانها ، وتفتقت طاقاتها عن امكانات استيعاب هائلة وفرص للسكان .

يلي ذلك من حيث الرحابة قوس سهلي عملاق يتوج هضبة الدكن من الشمال، ويعرف شطره الشرقي الرطب الخصيب بسهول الجانج والبراهاما يوثرا فيما بين رأس خليج بنغال وأطراف سهل البنجاب بشمال غرب باكستان ، ف فيما بين قواعد الهيمالايا الشامخة في الشمال ، وأطراف الدكن التالية في الجنوب ، تنفرج أراض سهلية تضم من الهنود ملايين تفوق في عددها أي قسم طبيعي آخر من أقسام هذه البلاد ، الجانب الغربي من هذا القوس السهلي يدعى سهول السند فيما بين البحر العربي وعقدة بامير الجبلية ، شطره الجنوبي صحراء حارة ، والشمالى شبه صحراء أقل قسوة وجديا ، القسم الشمالى يدعى سهل البنجاب ، يمتزج شرقا بالجانب الشرقي من القوس عبر سهول الجانج ، ويرجع الفضل الى مشروعات الري المتعددة في جلب أعداد متزايدة من سكان الباكستان للاستقرار بهذه السهول .

في الجنوب تمتد أشرطة ساحلية على جانبي شبه الجزيرة ، وهناك الامطار من الوفرة والارض من الخصب بدرجة تسمح بتكاثر السكان على نحو ما يتكاثفون بسهول الجانج ، في الغرب ما بين مياه البحر العربي وجبال الغابات الغربية يعرف القسم الجنوبي من السهل باسم ساحل مالابار

Malabar Coast ، الذي اشتهر بكونه أول بقاع الهند استقبالا للاروبيين بعد أن نزل المستكشفون البرتغاليون به لأول مرة في أوائل القرن السادس عشر ففتحو بذلك أولى صفحات السجل الاسود للاستعمار ، أما السهل الساحلي في الشرق ما بين مياه خليج بنغال وجبال الغات الشرقية فأكثر سعة ، ويمتد من أقصى جنوب شبه الجزيرة حتى دلتا الجانج ، ويعرف طرفه الخارجي باسم ساحل كروماندل Coromandel Coast ، الذي كان مسرحا لصراع مرير بين المستعمرين البريطانيين والفرنسيين خلال القرن الثامن عشر في سبيل السيطرة على جنوب الهند .

في جنوب شرق القارة توجد سهول بورما وتايلند وكمبوديا ، وهي أقل سكانا من سهول الهند ، وإن لم تكن أقل منها خصبا ، أما القسم الجنوبي الغربي من القارة فتميزه سهول الرافدين مهد حضارة قديمة عريقة ، ويعيب هذه الاراضي طقس حار جاف ، الا أن ما يجلب اليها من ماء خلال مواسم الفيضان يفرق مساحات كبيرة على الجانبين حتى ليركد بعضه في مستنقعات دائمة تميز أهوار جنوب العراق .

سهول منشوريا وشمال الصين تغطي مساحات شاسعة من شرق آسيا ، وتمتد منها أشرطة كممرات عميقة تجاه الغرب ، لكنها لا تصل قلب القارة النائي ، وقد كان الخصب الشديد لثريتها مدعاة لتزاحم أعداد هائلة من البشر فوق أديمها ، أحد هذه السهول ينتظم سلسلة من الاحواض تصل ما بين مصب نهر اليانجتسي واقليم ايشانج (Ichang) في الداخل ، أما سهل الصين الشمالي فيمتد في قوس يطوق تلال شبه جزيرة شانتونج ، وينبسط شمالا حتى قواعد تلال شمال الصين . وتبدأ سهول منشوريا من مياه البحر الاصفر ، وتوسع باتجاه الشمال حيث الاراضي العشبية الخصبة التي قدمت في السنوات الاخيرة امكانات طائلة للصين في مجال التعمير والتوسع الزراعي .

٦ - استراييا :

نسبة الاراضي السهلية بهذه القارة الجزرية أعلى بكثير من نسبة

الاراضي الهضبية الجبلية ، أكبر هذه السهول يمتد بلا انقطاع فيما بين مياه الخليج الاسترالي العظيم في الجنوب وخليج كرينتاريا في الشمال ، يضاف الى ذلك مساحات لا بأس بها من السهول الساحلية الشريطية على جانبيها الشرقي والغربي، هذه النسبة العالية من الاراضي السهلية ليست كلها بركة ، اذ أنها تشمل قياف صحراوية واسعة تكاد تخلو من السكان ما عدا بضعة آلاف من الاستراليين الأصليين التمساء .

اصناف السهول :

السهول على نوعين رئيسيين : الاول ينشأ نتيجة لعمليات الحت أو التسوية ، فيتخلف السطح عن تمليس كتلة مستوية ، بعد تاكل معظم ما برز من جسمها فوق مستوى البحر ، والنوع الآخر ينتج عن التوضع والارساب .

١ - سهول الحت :

ينتشر هذا النوع من السهول في جميع أرجاء المعمورة باستثناء القارة القطبية الجنوبية ، هذه السهول في مجموعها نتيجة فعل الماء الجاري فوق السطح ، أو نتيجة حث أغطية الجليد الزاخفة وألسنته ، أو ترجع لفعل الامواج بالجهات الساحلية . من أمثلة ذلك السهول القطبية بشمال أمريكا الشمالية حول خليج هدسن التي تدنت مستوياتها وتملست أسطحها بسبب العمل المشترك للمياه الجارية والجليد المتحرك ، ففي أول الامر تعرض هذا السطح القديم لعوامل التعرية النهرية ، التي خفضت من سطحه خلال آماذ طويلة . تلى ذلك زحف أغطية الجليد العظمى أثناء الأدوار الجليدية بعصر البلايستوسين مما سبب ازالة ما كان يعلوه من رواسب ، وما ان انقشع آخر هذه الاغطية بنهاية عصر البلايستوسين ، حتى بدا السطح الصخري أملس عاريا باستثناء بعض بقاع خفيفة ملأتها الرواسب أثناء عمليات التسوية ، كذلك حفرت بعض السنة الجليد الزاخفة خنادق عميقة شغلتها مياه البحيرات بحلول فترة الدفء الراهنة .

مثال آخر سهل الأمزون الفسيح ، فالشطر الغربي من هذا السهل عند قواعد جبال الأنديز عبارة عن سهل حث نشأ بفعل عمليات الازالة بالجملة ، لكتلة أرضية كانت في الماضي أعلى منسوباً من السطح الراهن ، كما يدل على ذلك ما يعلو السهل من تلال متفرقة متكافئة المنسوب ، بحيث يمكن رسم خط أفق مستقيم يمر بذراها جميعاً ، هذا الخط يمثل بقايا السطح الأصلي القديم للكتلة الأرضية التي صيغ منها السهل قبل أن تمزقها المجاري المائية ، وتحمل أنقاضها مع تيارات الماء ، لترسبها في مواضع أخرى نائية ، فوصل الشطر الأعظم منها الى المحيط .

٢ - سهول التوضع :

وهي تتراوح كثيراً في أبعادها وأهميتها ، ولكنها جميعاً سهول بناء شيدت من الرواسب التي جلبتها عوامل النحت من بقاع بعيدة ، لتضعها فوق أسطح أراض منخفضة ، أو قيعان خلجان أو مياه شاطئية قليلة العمق ، وقد ظلت هذه التوضعات تنمو وترتفع بمناطق ارسابها حتى علت وظهرت كسهول فوق سطح الماء . من أبرز هذه الانواع سهل الصين الشمالي الذي يدين بما يعلوه من رواسب سميكة الى نهر الهوانج هو (النهر الاصفر) ، حيث تتحمل مياهه بكميات وفيرة من الرواسب ، تنحتها من الجبال والتلال الغربية والهضاب الداخلية بالأحباس العليا وعند المنابع ، وتحملها أو تدفعها لتلقي بها في الاراضي المنخفضة تجاه الشرق ، وفي مياه البحر الاصفر الضحلة وخليج بوهاي Po Hai ، وقد تجمعت هذه الرواسب في طبقات على طول الأحقاب الجيولوجية الطويلة ، طبقة فوق أخرى ، مكونة سهلاً مستويا اقتطعته من مياه البحر ، وقد ساعدت الرياح الهابة من أواسط القارة الى هذه الجهات في عمليات التشييد بما أضافته الى سطح السهل من غبار ناعم هو ما يعرف بتربة الليس .

من الامثلة الاخرى على هذا النوع من السهول وادي النيل ودلتاه في مصر ، ويتألفان من مواد رسوبية خشنة ملأت قاع خليج مستطيل من البحر

المتوسط في البلايوسين وما تلاه ، ثم عاد النهر وفرشته بطبقات رقيقة من الطمي الناعم مع الفيضان السنوي عاما بعد عام ، نفس القصة تكررت بالنسبة لأرض الراقدين ودلتا نهر ايراوادي وسهل الكلورادو ودلتاه .

ثمة أصناف أخرى من سهول الارساب الجليدي والسواحل الناهضة ، فالأراضي السهلية الى الجنوب من البحيرات العظمى بالولايات المتحدة ترجع الى توضع ارسابات هائلة من الركامات التي جلبتها السنة الجليد وغطاءاته من الشمال ، وتتألف أسطحها من الجلايد والحصى والرمال والطين في خليط غير متجانس ، وقد طمرت هذه الارسابات السطح بأكمله فأضاعت ما كان به من ملامح بارزة أو غائرة من قبل ، وأقامت فوقها أشرطة من الأسطح الطينية والتلال العسوية التي تتناوب في أشرطة متعرجة . مثال على السواحل الناهضة السهل الممتد على طول ساحل الأطلنطي بالولايات المتحدة ، وهو يتكون من رواسب حملتها الانهار من اليايس وألقت بها في المياه القليلة الفور ، حيث قامت الامواج والتيارات البحرية بفرشها على مساحة واسعة من القاع ، بعد ذلك تعرض القاع للتهوض فأنحسرت المياه عن جانبيه الساحلي ، وبرز قسم من السطح الرسوبي المستوي كأرض جافة ، أضيفت الى جسم القارة ، وامتدت بها مصبات الانهار التي كانت تجري باليايس القديم من قبل .

ثانياً - الأراضي الجبلية

تغطي الجبال مساحات كبيرة من سطح اليايس ، ولكن مع هذا قد لا يشعر الكثيرون بوجودها ، ذلك لان معظم سكان العالم يقطنون ما سهل من الارض ، ويتركون ما غلظ منها وتضرس لفئات قليلة متناثرة ، وجماعات قديمة منزلة ، ولا يعرف على وجه التحديد نسبة مساحة الأراضي الجبلية حول العالم ، ولكن بتفحص خريطة تفصيلية لوجه الارض يمكن القول تخميناً بأن سعة الأراضي الجبلية تفوق عشر المساحة الكلية للقارات ، فعلى سبيل المثال نجد قارة كاسيا رغم تمتعها بسهول

فسيحة وهضاب رحيّة ، الا أنها تشتمل على مئات الآلاف من الكيلومترات المربعة من أراض جبليّة تناهز المساحة الكلية لقارة كاوربا . بيد أنه من ناحية أخرى تفتقر بعض القارات - خاصة استراليا - لسلاسل الجبال الحقيقيّة ما عدا رقعة محدودة في جنوبها الشرقي ، وفوق ذلك توجد ملايين أخرى من الكيلومترات المربعة غارقة تحت مياه المحيط ، تملوها جبال شم ، قد تبدو بعض ذراها كجزر فوق اللجة .

لتعريف الجبال يمكن القول بأنها تلك الاراضي المرتفعة التي تملوها قمم عديدة واضحة محدودة المعالم ، تشمخ فوق منحدرات وعرة متضرسة ، وتميز عن التلال بفارق المنسوب بين القري والقواعد أو ما يعبر عنه بالتضرس الموضعي Local relief ، فإذا كان الفارق في حدود مئات الامتار اعتبرت المرتفعات تلالا ، وإذا تجاوز الفرق ذلك فقدر بالآلاف الامتار عدت جبالا ، فالاختلاف بين التلال والجبال ليس في النوعية أو الشكل أو المظهر العام بل في الكم ، أي الحجم ، خاصة بمعدده الثالث ونعني الارتفاع . ولنا فان كثيرا من الجبال تنتهي عند حضيضها بمجموعات من التلال أصغر حجما وأدنى منسوباً ، وقد يبلغ مدى التضرس الموضعي بالاراضي الجبلية الكبرى ثلاثة أو حتى أربعة آلاف متر ، ولا يزيد على ذلك الا في أحوال نادرة ، والمعدل الدارج فعلا هو في حدود ١٠٠٠ أو ١٢٠٠ متر فقط .

إذا كانت الجبال تصور في الأذهان كأراض شديدة الوعرة لجرفها شبه القائمة ، أو حتى المعلقة أحيانا ، فانه قلما نجد مثالا حقيقيا من الوعرة بالدرجة التي يتخيلها الانسان للوهلة الاولى ، فمعدل انحدار معظم جوانب المجموعات الجبلية الكبرى لا يتجاوز ٢٠ أو ٢٥ عن المستوى الافقي ، وقليل منها يصل ميل أسطحه ٣٥ ولا يزيد عن ذلك الا عند بعض القمم ، فالجروف القائمة مبالغ من نسج الخيال ، وكثير منها لا يتعدى ميله في الواقع ٧٠ ، وبذا يمكن تسلقه ، أو على الأقل ذلك في مقدور الحيوانات التي ترتاده وتسكنه .

هناك بعض مصطلحات خاصة بمسميات الاراضي الجبلية ، منها لفظ سلسلة range الذي يطلق على النمط الشريطي الممدود من الحافات والقمم الجبلية ، التي تتخللها وديان الانهار ، والسلسلة الواحدة غالباً ما تشترك أجزاؤها في خصائص موحدة من حيث ظروف البناء والتركيب الجيولوجي والعمر ، من ذلك سلاسل جبال لبنان . أما المجموعات الجبلية groups فهي قد تشمل جمهرة من السلاسل القصيرة التي تتجمع حول نواة على شكل عقدة شبه دائرية ، أو كتلة متشعبة عنها كالبامير ، والنظم الجبلية systems لها مدلول أوسع ، اذ تشمل عددا من السلاسل أو المجموعات تترابط بحكم الموقع أي تتجاور وتتماثل شكلا وبناء ، ولكن تفرق بينها الاحواض كجبال الروكي ، وأخيرا لفظ كورديرا Cordillera ويعني أحد النظم الجبلية العظيمى كالأنديز .

المجموعات الجبلية العظيمى :

١ - حلقة المحيط الهادي :

تطوق حوض المحيط الهادي أراض جبلية في شبه حلقة تعد من أبرز ملامح التضرس على وجه الارض ، فابتداء من أقصى الجنوب بالقارة القطبية ، تظهر سلاسل جبال غارقة تحت أثقال من الجليد الدائم تطمرها ، ولكنها تستمر شمالا بعد فجوة في المحيط فتبدو شامخة فوق الماء بجزيرة تيرادلويجو بالطرف القصي لقارة أمريكا الجنوبية ، وبعد عبور مضيق ماجلان يشاهد حاجز الأنديز وقد امتد شمالا باصرار واستمرار على الجانب الغربي من تلك القارة ، حتى البحر الكاريبي ، مشكلا بذلك أطول النظم الجبلية قاطبة ، وأكثرها اتصالا ، اذ يكاد يخلو كلية من أية ممرات منخفضة ، فالأنديز بذلك عقبة طبيعية منيعة تحول دون عبور القارة عرضا الا بصعوبة كبيرة حتى على الطائرات ، وتحجز ما بين السهول الساحلية الغربية ، وبين بقية بقاع شرق القارة ، ولولا وجود بعض المنخفضات الحوضية المتناثرة في أحضان هذه الجبال ، لخلت سلاسلها الممدودة من السكان ، ولاقتصر العمران بها على قواعدها الغفيضة .

من أمريكا الجنوبية يستمر العمود الفقري للجبال في جمهوريات أمريكا الوسطى ، ولكن لحسن الحظ تتخلل الجبال هنا فجوات من رقاع سهلية وتلال وطيئة بكل من باتاما ونيكاراجوا ومضييق تهبانتيك Tehuantepec بالمكسيك ، لهذا فأن هذه السلاسل كحاجز أقل منعة بكثير من كورديرا الأنديز ، وهنا أيضا يوجد العديد من الاحواض في كنف الجبال ، وهي تاهل يسكانها ، لا بسبب استواء أسطحها وتربيتها فحسب ، بل بفضل ملائمة طقسها حرارة ورطوبية ، بالقياس الى المنخفضات الساحلية الخائفة بحرارتها ورطوبية هوائها العالية على مدار السنة بتلك البيئة المدارية .

شمال غرب المضيق السابق ذكره تتشعب الجبال الى سلسلتين يتفرجان عن هضبة المكسيك في الوسط ، تمرقان بالسيرامادري Sierra madre الشرقية في الشرق والغربية في الغرب ، ونظرا لان الهضبة الوسطى بأحواضها تمثل مركز الثقل السكاني ، ومقرا للحكومة المكسيكية ، فإن هذين الحاجزين يعوقان الاتصال بالسهل بينها وبين العالم الخارجي .

بعد انقطاع قليل في الشمال ، تعود الاراضي الجبلية للظهور ممثلة في جبال روكي في داخل غرب قارة أمريكا الشمالية ، ثم تجاه سواحل المحيط تمتد جبال السيرانفادا وكسكيد والسلاسل الساحلية التي تطل على مياه المحيط مباشرة ، وجبال روكي أقل منعة من الواجهة الشرقية للسيرانفادا ، كما تتخللها الكثير من الأودية والمنخفضات المأهولة ، في حين تعبرها شرايين المواصلات في سهولة نسبية . الى الشمال من ذلك تمتد جبال روكي الكندية ، والسلاسل الساحلية لكولومبيا البريطانية حتى جنوب شرق ألاسكا ، حيث تمتزج السلاسل الساحلية مع قوس الجبال بشبه الجزيرة ، التي يشمخ أحد ذراها جبل مكنلي McKinley الى منسوب يزيد على ستة آلاف متر ، وفضلا عن كون هذه الجبال عقبة في سبيل الاتصال بين داخل ألاسكا وبين الموانئ الساحلية ، فانها تحجب المؤثرات البحرية المطلقة عن الجهات الداخلية ، فتزداد قسوة مناخها وتطرفه ، وأخيرا يدق الطرق الغربي لهذه الجبال في شبه جزيرة مستطيلة تفرق غربا تحت الماء ،

لعمود فتهبرز في قوس متقطع تمثله مجموعة جزر الألوشي .

الجانب الشرقي من الحلقة الجبلية حول الباسفيك أقل ارتفاعا واستمرارا ، ويبدأ هذا الجانب بجبال شبه جزيرة كامتشكا فجزر اليابان وتايوان والفلبين وغينيا الجديدة ، حيث تمثل الجبال الأعمدة الفقرية لهذه الجزر ، الى الجنوب من ذلك تبدو مرتفعات شرق استراليا ، وجزيرة تي نيوزيلند ، التي تنتهي مرة أخرى صوب مرتفعات انتاركتيكا .

٢ - عقدة اليامير وتشعباتها :

يطلق على هذه العقدة اسم سقف الدنيا ، وتقع فيما بين باكستان وقرب الحدود الروسية والأفغانية والصينية ، وتنبعث عنها ثلاثة أذرع عملاقة تمتد آلاف الكيلومترات على وجه الأرض ، أحدها يتخذ اتجاهها شماليا بشرق عبر قلب القارة الآسيوية حتى يبلغ أقصى أطراف سيبيريا على الباسفيك ، ويضم هذا الذراع مجموعات جبلية شهيرة مثل تين شان Tien Shan والتاي Altais والسايان Sayan ويا بلونوي Yoblonofy واستانوفوي Stanovois ، وهكذا فابتداء من اليامير تمتد الذرى الجبلية في صفوف متراصة خلال القارة لمسافة تقرب من ثمانية آلاف كيلومتر وان تغلغلها العديد من الفجوات بين كل مجموعة وأخرى ، اتخذت منها قوافل التجارة محرات وارتادها الغزاة على مر التاريخ ، وحتى اليوم ينفذ خط سكة حديد سيبيريا الشهير من فجوة في جنوب شرق بحيرة بيكال ويواصل مسيره شرقا طلبا لساحل المحيط . ومن البديهي أن تنعكس آثار العزلة التي فرضها هذا الطوق الجبلي على قلب آسيا في عدة أوجه ، كبعد الشقة ، وقلة الماء ، وجنوح قبائل الرعاة الى الاستقلال والعدوان .

أما الذراع الثاني فاعتى وأشد تعقيدا ، وان كان أقل طولاً ، فهو ينبعث من سقف اليامير في اتجاه جنوبي شرقي مشتملا على أعلى جبال الأرض قاطبة من بينها الكاراكورم Karakoram وكونلن Kuntun وأشهرها الهيمالايا وغيرها من الجبال التي تنتشر شرقا حتى أطراف التلال

الداخلية لبلاد الصين . وخلال ٢٠٠ كيلومتر تتوالى الذرى الشاهقة كالبنيان المرصوص ، على مناسيب تتراوح بين ٦٥٠٠ متر ونحو ٩٠٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر ، تفصلها هوات رغم سحقتها عالية فلا تسمح بوجود ممرات هينة على طول المسافة ما بين الصين وبامير ، لهذا تنفصل شبه القارة الهندية في الجنوب عن داخل آسيا في الشمال ، وكان كلا منهما عالم قائم بذاته . وأسوأ من ذلك دور الجبال في حجب الموسميات الرطبة عن الداخل مما سبب موات قلب القارة ، فالى الشمال من هذا الذراع الجبلي تسود الصحارى وأشباهها . والى الشرق والجنوب الشرقي تمتد تنمة هذه الجبال أيضا ولكنها أكثر تواضعا في بورما والملايو وسومطره وجاوه حيث تشكل بالنسبة لها ما يشبه الاعمدة الفقرية في الوسط .

الذراع الثالث ينبعث خارجا من البامير جهة الغرب ، ليلبغ الاراضي الروسية والتركية ، ويؤدي دور الفصل بين الاراضي الروسية في التركستان وجنوب شرق روسيا ، وبين ايران ، وبين هذه الاراضي العراقية ، وتشتمل الجبال على العديد من السلاسل بينها الهندوكوش Hindu Kush والبرز Elburz والقوقاز وزاجروس التي تتصل بمرتفعات شرق الاناضول ، الى الغرب من الاناضول يتم هذا الذراع مجموعة جبال جنوب أوروبا بما فيها البلقان والكريات والألب الدينارية والألب والأبنين والبرانس ، ويلحق بها جبال الاطلس بشمال غرب قارة أفريقيا ، كثير من هذه الجبال في أوروبا خاصة الكربات والألب ، تتخللها أودية على مناسيب خفيفة ومتوسطة ، تموج بالمران وترتبط وثيقا بالجهات السهلية المجاورة عبر ممرات عديدة ميسرة ، وعبر خطوط القوى الكهربائية والطرق التي عليها يتنقل السياح والمتاجر من أخشاب وخامات معدنية .

٣ - بعض الرقاع الجبلية الأخرى :

بالإضافة الى المجموعات السابقة ، توجد أراض جبلية أخرى متناثرة

في أرجاء العالم ، منها بعض جهات الأيلاش يشرق الولايات المتحدة ، والطرف الشمالي لشبه جزيرة لبرادور ، والقسم المجاور من غرب جرينلند . وفي جنوب شرق جزيرة كوبا وغرب هايتي ، توجد أراض جبلية متواضعة ، كما تظهر بقارة أمريكا الجنوبية مرتفعات بالاراضي الفينانية ، وشرق البرازيل . وفي أوروبا جبال التروبيج ومرتفعات أيسلند . أما افريقيا ، ففتفتقر كثيرا للجبال بالمعنى الصحيح ، فبالاضافة الى جبال أطلس السابق ذكرها ، توجد مرتفعات اثيوبيا ، وبعض أعلام منفردة في وسط شرق القارة الاستوائي ، فضلا عن كتلة وسط الصحراء الكبرى ، وجبال أقصى جنوب القارة . أقل من ذلك خطا قارة استراليا التي تبرز بعض أطرافها الجنوبية الشرقية كجبال قليلة الارتفاع محدودة المساحة .

اصناف الجبال :

تنسب أصناف الجبال الى أصولها أو عوامل نشأتها ، كان يقال جبال الطلي أو جبال التصدع أو التقبب أو الجبال البركانية ، وقد سبق معالجة هذه الامور بشيء من التفصيل عند مناقشة حركات الباطن الارضي ، ولكن ما تجدر الاشارة اليه هنا هو أن الكثير من الجبال قد أسهم في خلقها أكثر من نوع واحد من هذه الحركات ، فجبال الطلي دائما تشتمل على صدوع وكتل صدعية كالحال في الألب ، كما أن الجبال الصدعية غالبا ما يصحبها طلي كالحال في السيرا نفادا ، وفي هذه وتلك قد تتناثر طفوح الالابة التي تصحب النشاط الارضي فتندس بينها كتل بركانية ، أو قد تعلوها مخاريط كأعلام بارزة من أشهرها قمة أرارات على عقدة الحدود التركية الروسية الايرانية ، فالتصنيف على أساس النشأة تبسيط للصورة ، وتأکید لأطول الحركات باعا في بروز صنف أو آخر ، بمعنى أن كل صنف يعين باعتبار غلبة نوع من الحركات على ما عداه .

ولكي تستكمل الصورة ينبغي ملاحظة أن كافة تفاصيل معالم

التضرس والتمزق هي من صنع عوامل خارجيه تعوم على هدم ما شيدته حركات جوف الارض ، فالوديان العميقة حفرتها مجار مائية ، أو قدّتها السنة الجليد الهابطة على الجوانب العليا للمرتفعات ، والقمم المدببة تتآكل وتهن صخورها بفعل عناصر الجو ، فتخضع كتلتها المتداعية لقوى الجاذبية الارضية فتتهار وتهوي الى الحضيض ، والاحواض عند أقدام السلاسل تتلقى الانتقاض المنتزعة من أجسام الجبال فتتظم قيعانها وتملو باستمرار ، وما لم تعد حركات الباطن البناء برفع ما هدمته العوامل الخارجية فان مصير أعنى الجبال الى زوال، حيث تتحول مع مرور الأزمان الجيولوجية الى مجرد تلال أو سهول متماوجة ، تتناثر فوقها بقايا الجبال كالأعلام ، لهذا كانت أقدم الجبال أدناها منسوباً كالكاليدونيات بشمال اسكتلند والنرويج ، والفارسيات بوسط أوروبا والأبلش ، أما أحدث الجبال فاعلاها كالهيمالايا والألب .

ثالثاً - الهضاب

تجمع الهضاب بين بعض خصائص السهول والجبال ، وتناقضهما تماماً في بعضها الآخر ، فالهضاب شبيهة بالسهول في استواء أسقفها ، وبالجبال في ارتفاع مناسب بعض أنواعها ، ولكن تختلف الهضاب عن السهول في اشتغالها على بعض معالم التضرس التي تملو أسطحها ، فضلاً عن الجروف التي تنتصب بعنف عند حوافها بشكل قد يفوق درجات الميل التي ذكرناها بخصوص الجبال ، بينما تفتقر الهضاب عن الجبال في تواضع معدلات تضرسها المحلي التي تتراوح بين بضع مئات من الامتار ، وقلما ترقى الى الآلاف ، الا في حالة تمزق بعض الهضاب بخوافق نهريه كبرى كالحال في خانق الكولورادو العظيم .

قد يرجع استواء أسقف الهضاب الى الوضع الأفقي لطبقات الصخور المشكلة لها ، أو لوجود تكوينات بازلتية أغرقت السطح فملأت فجواته وسوّته ، لكن أهم من ذلك قلة تقطع السطح بالمجاري المائية، اما لحدائته، أو لجفاف المناخ ، وعجز الروافد النهرية عن التوغل بعيداً في أراضي

الهضاب تبعا لذلك ، ويقتصر الامر في بعض الاحيان على أودية أنهار دخيلة تضرب بمنايعها في جهات رطبة ، وتغترق بعد ذلك أراضي الهضاب الجافة ، وأمثلة ذلك نهر النيل والكولورادو ، وفيما بين أودية مثل هذه المجاري فان الكثير من الهضاب تتوج أسطحها تكوينات صخرية شديدة المقاومة لعمليات الحت ، أو عظيمة الانفاذ وفيرة المسام كالرمال والحصى الذي يساعد على تسريب الماء واضاعته قبل أن يحفر في السطح مجار أو جداول تقطعه وتخرسه .

تتباين الاشكال الارضية بأسطح الهضاب تبعا لتباين عوامل التشكيل ، فبعضها تغطي طبقات من الرواسب الفيضية أو الجليدية ، أو تنتشر فوقه سهول تسوية نهريّة ، وبعضها الآخر قسمته عوامل مختلفة الى عدد من الأسطح المتفاوتة المناسيب ، يفصل بين الواحد والآخر جروف وعرة ، كما قد يعلو البعض أشكال بركانية . وتتميز حواف الهضاب بالوضوح والوعورة لانها في كثير من الحالات تتبع جروفا صدعية ، أو جوانب خواف حتية عميقة ، ومع مرور الزمن تنهار هذه الحواف فتراجع الجروف من عدة اتجاهات بواجهات متوازية في المراحل المتتالية ، مما يسبب تضاريس مساحات الأسطح العليا للهضاب .

التوزيع الجغرافي :

تتوزع الهضاب على سائر القارات ، ولكنها قد تتناثر وتتباعد في بعضها ، كالحال في الهضاب الاوربية ، وقد تتقارب وتتلاحم في بعضها الآخر على نحو ما هو كائن بالقارة الافريقية .

١ - افريقيا :

تمثل هذه القارة طولا وعرضا هضبة عملاقة واحدة تتخللها بعض فجوات ممثلة في قليل من السهول الكبرى ، وعدد أكبر من السهول الصغرى ومساحات أوسع من أراضي التلال ، ولكن نسبة مساحة أراضي الهضاب وحدها تفوق مساحة جميع الاشكال الارضية الاخرى على وجه

القارة ، وتتباين الهضاب الافريقية في مظهرها العام تبانيا شديدا ، يناقيا الفكرة التي يلمسها المتفحص لخريطة التضاريس من النظرة الاولى ، فمن الهضاب الافريقية ما هو حار جاف قحلي تلعب الرياح العاتية برماله ، ومنها ما يتمتع بامطار دائمة وحرارة رتيبة في نطاق الغابات الاستوائية ، ومنها ما هو بين هذا وذاك ، يصيبه المطر في الصيف ، ويسوده الجفاف شتاء ، ولذا فنباتاته من نوع السهوب العشبية ، تتحول تجاه الاطراف الى أعشاب شبه جافة كانتقال للظروف الصحراء بعد ذلك .

كذلك يتفاوت المنسوب بين الهضاب ، فبعضها لا يعمل سوى بضع مئات من الامتار فوق سطح البحر ، كهضاب حواف حوض الكنفو ومعظم الصحراء الكبرى ، في حين قد يعمل بعضها آلاف الامتار كالحال في أراضي تنجانيقا الشامقة ، وتتمتع هضاب وسط القارة برطوبة وفيرة ، ينمكس أثرها على الغطاء النباتي الكثيف بحواف الكنفو ، أما هضبة البحيرات فالحشائش الطويلة طابعا العام ، حيث توجد أعظم حدائق الحيوان بالعالم بتلك السافانا . وفي جنوب أفريقيا تنصب الهضاب عبر عدد من الوحدات السياسية من زامبيا الى روديسيا ، ومعظم اتحاد جنوب أفريقيا ، وناميبيا (جنوب غرب أفريقيا) ، وهي هضاب عالية معقل للحشائش تقع بجهات مدارية وشبه مدارية ، فيها فرص طيبة للاعمار والتنمية ، فالارتفاع يلطف من الحرارة ويقلل من فرص الجفاف وبالتالي فالطقس صحي ، والظروف ملائمة للنشاط .

٢ - الهضاب الأوروبية :

على النقيض من قارة أفريقيا الهضبية نجد أوروبا قليلة الهضاب ، وان وجدت فمساحاتها محدودة ، أكبرها هضبة الميزيتا meseta الاسبانية التي تشغل قلب شبه جزيرة أيبيريا ، وتطوق التلال معظم حواشيتها ، وتحدها الجبال من الشمال والشمال الغربي ، أطراف الهضبة رطبة ، أما الداخل فتشبه قاري معزول عن المؤثرات المحيطية من الاطلنطي والبحرية من البحر المتوسط .

فيما عدا ذلك توجد هضاب صغيرة بغرب ألمانيا وشرق فرنسا وجزء من شرق بلجيكا ، أما كل من هضبتي فرنسا الوسطى وبوهيميا فهما من التمزق وعدم استواء السطح بشكل يدعو ادخالهما ضمن أراضي التلال .

٣ - الهضاب الآسيوية :

يشتمل جنوب غرب آسيا على ثلاث هضاب شهيرة تشغل أكبرها القسم الأدنى من شبه الجزيرة العربية الصخرية الرملية الجافة ، هذه الهضبة تنحدر من جبال الحجاز على البحر الاحمر تجاه الشرق والشمال الشرقي نحو الخليج العربي وسهول العراق ، يلي ذلك من حيث السعة هضبة ايران التي تلوقتها الجبال من جميع جهاتها ، وتمتد من ايران الى الأفغان وباكستان ، وهي برية قارية منعزلة . شبه جزيرة الأناضول هي ثالثة هذه الهضاب ، وهي شبه جافة في قسمها الاوسط ، ولكن حواشيهما من الرطوبة بدرجة تجعلها أفضل هضاب جنوب غرب القارة من حيث الامكانات والاتصال بالعالم الخارجي عبر المضائق التركية والبحر الاسود ويحدها ايجة ، أما من جهة الجنوب والشرق فتحد الاراضي الجبلية الوعرة كثيرا من هذه الامكانات .

أجزاء واسعة من قلب آسيا هضاب جافة وشبه جافة تعزلها الحواشي الجبلية والاراضي الوعرة مما يحد من قدراتها ، وتمتد الهضاب من قاعدة عقدة بامير نحو الشرق حتى الانحناءة الكبرى لنهر الهوانج هو والحدود الغربية لمنشوريا ، وهي مسافة تعادل ما بين مدينة نيويورك ولوس انجلوس عبر أعرض بقاع أمريكا الشمالية ، وتشتمل هذه الرقعة على حوض تاريم أو صحراء تكلاماكان Takla Makan وصحراء جوبي ، الى الجنوب من حوض تاريم تقع أعلى هضاب العالم بالتبت وتنقسم فعلا الى العديد من الهضاب على مستويات تتراوح بين ٣٠٠٠ ، ٤٥٠٠ متر في حين تعلو أطواقها الجبلية مثل ذلك القدر فوق منسوب الهضاب ذاتها . على هذه المناسيب تتدنى درجات الحرارة كثيرا مقرونة بالجفاف الشديد ، مما يجعلها بحق صحار متجمدة ، لا تختلف كثيرا عن الاراضي القطبية .

بقية هضاب القارة صغيرة المساحة ، منها الجزء الشمالي الغربي من شبه جزيرة الدكن الرطبة الخصيبة التربة المتكاثفة السكان ، ومنها أيضا هضبة يونان الصينية وهي برغم رطوبتها الا أنها أكثر ارتفاعا وعزلة .

٤ - الهضاب الأمريكية :

تشتمل الأمريكتان على نماذج طيبة من الهضاب ، بعضها يقترن ويمتزج بالاراضي الجبلية كالحال في الهضاب الآسيوية ، وبعضها الآخر يحتل رقاع خالصة له على غرار هضاب أفريقيا وأستراليا ، وتوجد أكبر هضاب أمريكا الجنوبية بالبرازيل والارجنتين ، فبالبرازيل تمتد الهضاب من الحوض الأدنى للأمزون حتى الحدود الجنوبية للبرازيل ، وتستمر حتى أواسط أوروجواي ، فغالبية نصف المساحة المثلثة مما يطلق عليه عادة اسم مرتفعات البرازيل هو في الحقيقة هضاب ترتفع من الشمال والغرب تجاه الجنوب والشرق ، ولهذه الحقيقة أهميتها في الاستيطان حيث يتغلغل السكان كثيرا بالجهات المنخفضة السطح المرتفعة الحرارة المتكاثفة الأدغال والحشائش من طراز السافانا ، أما الى الجنوب فيتبع الارتفاع تغير ملموس في النمطين المناخي والنباتي ، اذ تتحول الانواع السابقة الى غابات شوكية ، وأخيرا تظهر حشائش الاستبس والأشجار الصنوبرية ، وتصبح الظروف ملائمة لتكاثف السكان .

بالارجنتين تمثل هضبة بتاجونيا نموذجا لهذا النوع من التضاريس ، وتمتد فيما بين حائط الأنديز في الغرب ومياه الاطلنطي في الشرق ، وهي في مجموعها صحراء باردة عاصفة الرياح قليلة القيمة . أما بقية هضاب أمريكا الجنوبية فتقع في أحضان جبال الأنديز ، وهي في المعتاد صغيرة الرقع ، وتكثر فيما بين وسط كولومبيا وشمال تشيلي والارجنتين . أكبرها وأعلاها هضبة بوليفيا وهي جافة في شطرها الأعظم ، ولكن مع هذا فقد كانت الهضاب الاستوائية بالأنديز مقرا لجماعات هندية أقامت دعائم حضارة زراعية راقية ، في ظل ظروف أكثر ملائمة من الاراضي السهلية المنخفضة في الشرق والغرب بنفس العروض فيما وراء قواعد

الأنديز ، وحين وفد الاسبان على هذه الجهات اتخذوا من الهضاب المأهولة بالهنود مراكز للحكم والادارة ، نمت وتطورت مع الزمن ، لتصبح مدنا عامرة ، والواقع أن خريطة توزيع السكان تتفق في حدود بقاعها المتكاثفة مع التوزيع الجغرافي لهضاب الأنديز .

أما أمريكا الشمالية فإن أعظم هضابها تمتد من مدينة المكسيك جنوبا حتى الحدود الكندية الامريكية في الشمال مسافة ٣٢٠٠ كيلومتر وان انقطع هذا الامتداد ببيروز العديد من السلاسل الجبلية الصغيرة ، كما يعترض استمرارها عدد من الخوانق النهرية السحيقة ، هذه الهضاب الهائلة شبه صحراء مترامية ، تتخللها بقاع من صحار حقيقية . في الجنوب تقفل هضبة المكسيك جبال من الشرق والغرب والجنوب ، أما في الولايات المتحدة فتحدق بالهضاب الامريكية جبال من الشمال والغرب ، والى حد ما من الشرق ، وقد ظلت معظم الهضاب الامريكية مناطق عبور لا استقرار بسبب قلة خيراتها ، ويطلق على أجزائها مسميات محلية مختلفة كهضبة كوليبا في الشمال ، والى الجنوب منها هضاب الحوض العظيم ، والى الشرق هضبة كولورادو ،

الى الشمال وفي داخل الاراضي الكندية ، تقع الهضاب فيما بين السلاسل الساحلية وجبال روكي ، وتنقسم الى ثلاثة أجزاء رئيسية ، الجنوبية منها يصفوها الحوض الاوسط من نهر فريز *Fraser* والوسطى يصفوها الحوض الأعلى لنفس النهر والحوض الاوسط لنهر سكيينا *Skeena* أما الجزء الشمالي فيقع ضمن حدود حوض نهر يوكن *Yukon* . ونظرا لمناعة الجبال فان تلك الهضاب تقع في شبه عزلة تامة ، ولذا فالمعروف عن طبيعتها قليل لدرجة أن الكثير عن جغرافيتها ما زالت أمورا مجهولة ، والقليل مما يتداول عنها من معلومات مصدره قصص الرحالة والصيادين وبعض تقارير حكومية متناثرة .

٥ - الهضاب الاسترالية :

معظم قارة استراليا هضبة ، ومعظم الهضبة اقليم صحراوي حار ،

يمتد فيما وراء ساحل المحيط الهندي حتى الوسط الجغرافي للقارة ، ومن الخليج الاستراحي العظيم حتى قرب السواحل الشمالية .

٦ - الهضاب القطبية :

معظم جرينلند وقارة انتاركتيكا هضاب جليدية الأسطح ، فالجليد في جرينلند من السمك بدرجة أنه يطمر جميع معالم السطح من منخفضات وهضاب وجبال على حد سواء ، ويبلغ الجليد أقصى سمك له في الداخل وينحدر سطحه بلطف تجاه الاطراف حيث يطل بجروف وعرة على مياه البحر ، أو أطراف الارض اليابسة في بعض الجهات الخالية من الجليد . نفس الشيء يقال أيضا عن القارة القطبية الجنوبية ، غير أن بعض سلاسل الجبال بها تبرز فوق غطاء الجليد ، وتعطي السطح المستوي بعض ملامح التضرس ، التي تكسر من حدته .

اصناف الهضاب :

تصنف الهضاب على أساس من الموقع الجغرافي أو التركيب البنائي أو التطور الفزيوغرافي على النحو التالي :

١ - الموقع الجغرافي :

بخصوص الموقع الجغرافي والأبعاد والعلاقات المكانية بالظواهر التضريبية المجاورة ، تصنف الهضاب الى أنواع ثلاثة ، هي الهضاب الجبلية الحواشي inter mont أو inter mountain ، وهضاب قواعد الجبال piedmont ، والهضاب القارية continental . النوع الاول تحتضنه الجبال ومنه هضبة بوليفيا فيما بين سلاسل الأنديز الشرقية والغربية ، ووسط المكسيك بين السيرامادري ، والى حد ما هضبة ايران . أما النوع الثاني فيقع عند حضيض الجبال العالية مثل هضبة يونان ، عند أقدام جبال جنوب الصين ، ومثل هضبة تمتد شرق قواعد الانديز في جنوب كولمبيا . وأخيرا النوع القاري ويتميز برحابه ، وانتشار بعض الاراضي الجبلية

فوقه ، من ذلك هضاب جنوب أفريقيا وشمالها ، ومرتفعات البرازيل ، وشبه جزيرة العرب . يلاحظ أن مثل هذا التصنيف على أساس الموقع ليس مانعا ، اذ يمكن أن تنتمي بعض الهضاب لأكثر من صنف واحد ، فهضاب غرب الولايات المتحدة يمكن أن تدخل ضمن النوع الجبلي الحواشي لوقوعها بين جبال روكي في الشرق ، ومجموعات جبلية أخرى في الغرب ، ولكن من ناحية أخرى فانها يمكن أن تنتمي للنوع الثاني حيث أن معظم أطرافها تمثل قواعد الجبال المشرفة عليها ، ثم أخيرا فانها بسبب تراميها فوق مساحات شاسعة من القارة قد تعتبر نموذجا للهضاب القارية .

٢ - التركيب البنائي :

الهضاب على هذا الاساس أصناف ثلاثة : الاول ما استقامت طبقاته فبدت في وضع أفقي أو أقرب ما يمكن لذلك ، أمثلتها هضبة كولورادو وشبه الجزيرة العربية ، وان تعرضت الأخيرة لبعض اضطراب عند الهوامش ، والصنف الثاني هضاب تشوهت طبقاتها فانطوت وتآكلت أطرافها ، فسويت ، ومنها هضبة أردن Ardennes في جنوب شرق بلجيكا ، وهضاب شرق وغرب الأردن، وهي كما نرى تقع على أطراف شبه الجزيرة العربية . أما النوع الأخير فهو هضاب التراكم نسبة الى خروج طفوح اللابة من شقوق أرضية، وتراكمها في طبقات أفقية مستوية، غطت الاشكال البنيوية والحتية تحتها ، من أمثلتها هضبة كولومبيا الامريكية ، وهضبة بارانا في جنوب البرازيل ، وهضبة حرران السورية .

٣ - الهضاب الممزقة : Dissected :

هناك بقاع ناهضة من سطح الارض على شكل هضاب تعرضت أزمانا طويلة لعمليات النحت والتعرية ، مزقت أوصالها ، وخرشت من أسطحها بشكل يخرجها عن المفهوم العام للهضاب المائدية الشكل المنتظمة الأسطح ، فالخواتق والوديان السحيقة قد صاغت منها منحدرات وعرة ، تقسمها الى حافات من التلال العالية ، أو حتى قد تعطيلها مظهر الجبال المتسطحة القمم

إذا ارتفعت معدلات التضرس الموضعية - من ذلك هضبة أليجيني Allegheny غرب مرتفعات الأبلاتش الأمريكية ، وحواف الهضاب الاردنية المطلة على غور الاردن والبحر الميت من الجانبين .

رابعا - التلال

التلال أكثر الاشكال الارضية شيوعا ، اذ أن ما ليس بالسهول أو الهضاب أو الجبال هو بالضرورة من قبيل أراضي التلال ، والتلال اذ تشبه الجبال في مظهرها العام ، فانها أقل ارتفاعا ، وان كان بعضها ليس بأقل من أراضي الجبال وعورة وتمزقا وصعوبة عند العبور ، كما أن هناك صلة بين الهضاب الممزقة وبين التلال ، فكلاهما أراض متضرسة محدرة الجوانب وان تواضعت المناسيب ، كذلك فالصلة وثيقة بين التلال وغيرها من الاشكال لارضية من ناحية المكان ، فقد توجد مجموعات التلال عند قواعد الجبال الشاهقة ، أو فوق أسطح الهضاب ، أو قد تتناثر أسراها فوق أوجه الاراضي السهلية الفسيحة .

التوزيع الجغرافي :

١ - الأمريكتان :

تنتشر معظم أراضي التلال بكل من أمريكا الشمالية والجنوبية بالجهات الشرقية، وان لم تغل منها الحواف الغربية ، وبعض بقاع الداخل من كلتا القارتين - ففي أمريكا الشمالية تغطي التلال الشطر الشمالي الشرقي من القارة مشتملة كل شبه جزيرة لبرادور وممتدة حتى شمال وشرق اقليم البحيرات العظمى ، ثم الى الجنوب من مصب سانت لورنس تنتشر التلال مرة أخرى عبر نيوبرنزويك وولايات نيوانجلند ، ملتحة بمرتفعات الأيلاش التي تغطي غالبية الولايات الشرقية المطلة على الأطلنطي ، وقد وقفت هذه التلال حجر عثرة في وقت ما أمام المستوطنين الذين وفدوا من أوروبا ووطئت أقدامهم أرض القارة لأول مرة على

سواحلها الشرقية ، فكان ولوجهم داخل القارة يتم عبر ممرات معدودة في هذه التلال ، شقتها أودية أنهار أهمها سانت لورنس وهدسن والأوهايو ، ومما يلاحظ أن معظم أراضي التلال هنا شديدة التمزق ، وبعضها يتمتع بمعدلات انحدار كالجبال أو أكثر منها ، ولذا كانت تلك الأراضي قليلة الغيرات ، مخلخلة العمران ، في عزلة وفقر نسبيين .

في غرب القارة تمتد التلال على طول القواعد الشرقية لجبال روكي ، وتنتشر شمالا ثم شمالا بغرب وغربا ، لتغطي غالبية الأراضي الداخلية من آلاسكا ، كذلك تسود أراضي التلال على امتداد ساحل المحيط الهادي من الطرف الجنوبي لشبه جزيرة كاليفورنيا حتى الحدود الكندية ، وكتتمة لذلك في الجنوب تنتشر أراضي التلال عند أقدام جبال سيرومادري الغربية بالمكسيك ، حتى داخل ولاية أريزونا الأمريكية ، وهذه في الغالب جهات قارية جافة قليلة النفع .

القسم الأكبر من شمال شرق قارة أمريكا الجنوبية تلال تفصل بينها هضاب أو سهول فيضية رحيبة ، وتنتمي إليها أراضي غيانه وتتمتها في الحواف الجنوبية لسهل الأمازون ومرتفعات شرق البرازيل ، وقد لعبت هذه التلال دورا مشابها لنظيراتها بشرق أمريكا الشمالية ، من حيث الفصل بين الساحل والداخل ، خاصة إذا أخذنا بعين الاعتبار كتل الهضاب والجبال التي تتلاحم معها ، ومناخ هذه الجهات مداري رطب تسودها حشائش السافانا ، مع الغابات الشوكية أو الغابات الاستوائية ، ومن ثم قلت امكاناتها ، وباستثناء التلال الساحلية تكاد تخلو بعض بقاع الداخل الا من القليل من الهنود الاصليين ، وكثير من الجهات ما زالت أرضا مجهولة لم تستكشف ولم تمسح طبوغرافيا أو توقع تفصيلاتها على الخرائط .

على الجانب الغربي تنتشر أراضي التلال بامتداد ساحل تشيلي وبيرو وبعض جهات كولمبيا واكوادور بالقرب من الساحل ، وكالحال في نظائرها بأمريكا الشمالية تقع التلال بين مياه الباسفيك من ناحية وسلاسل الجبال

الشاهقة من ناحية أخرى ، ويندر أن يتعمق المحيط بغلجانه داخل تلك الاراضي .

٢ - أوروبا :

باستبعاد السهل الروسي والجبال الالبية ، فان بقية القارة تسودها التلال ، وهي في أكثرها أراض ليست قاسية البرودة أو الجفاف ، وبالتالي فهي دائما جهات أهلة بالسكان ، بعكس أراضي التلال الامريكية . ففي الجزر البريطانية تغطي التلال اسكتلند وشمال وغرب انجلترا وكل ويلز وجزيرة أيرلند ما عدا أواسطها ، هذه المرتفعات تشكل المصادر الرعوية والغابية لتلك البلاد ، كما أنها بفضل رطوبة المناخ وانحدار السطح تمدها بالطاقة الكهربائية اللازمة للصناعة من أنهارها المتكسرة .

على القارة توجد أكثر أراضي التلال بالقسم الجنوبي ، ممتدة ما بين الاطلنطي وبحر ايجه والبحر الاسود من ناحية ، وبين البحر المتوسط وأواسط المانيا وجنوب بولند من ناحية أخرى ، ولكن هذه المساحة الشاسعة تعترضها سلاسل الجبال وأراض سهلية متفرقة ، وليست خالصة للتلال ، ومما تجدر ملاحظته أن أقطارا كالبرتغال وايطاليا ويوغوسلافيا واليونان وبلغاريا وتشيكوسلوفاكيا تغلب عليها التلال أكثر من بقية الاشكال الارضية الاخرى ، ونظرا لقلّة الاراضي السهلية بمثل هذه الاقطار ، فقد اضطر الاهالي لاستثمار أراضي التلال على نطاق كبير ، بالإضافة الى ما بينها من أودية في أغراض الزراعة والرعي والتحريج ، وقد ساعد في ذلك لطف المناخ ورطوبته ، وفي كثير من البقاع أقيمت المدرجات الزراعية على الجوانب الدنيا من التلال بعناية تنتزع الاعجاب.

تلال شمال القارة توجد بكل من السويد والنرويج وفنلند ، الاطراف الشمالية منها تغطيها الغابات وتكتنفها البحيرات بشكل يشبه أراضي التلال بشرق كندا وحوض البحيرات وسانت لورنس ، أما الاطراف الجنوبية فأكثر دفئا ، وبالتالي أنفع لأغراض الرعي والزراعة .

بأقصى شرق القارة توجد ملاسل الأنوارال الثلجية الفاصلة بين السهل الروسي الاورويي في الغرب والسهول الآسيوية في الشرق .

٢ - تلال آسيا واستراليا :

تتمتع آسيا بنصيب الاسد من التلال التي ترسم حلقة شبه متصلة ما بين المحيط الهندي جنوبا والمحيط المتجمد شمالا، وما بين مياه الباسفيك وأواسط القارة ، وقد كان لهذا الانفساح انعكاساته على الظروف الطبيعية لأراضي التلال التي تتراوح ما بين ظروف التجمد في التندرا والظروف المدارية الرطبة ، ففي الجنوب تنتشر التلال فوق الجزء الاكبر من شبه جزيرة الدكن وبورما وجنوب الصين ، حيث يتكاثر السكان فوقها بسبب ضيق الاراضي المستوية عن استيعابهم ، وقد قام الاهالي بتدريج جوانب التلال الآسيوية في جنوب القارة وشرقها ، وأقاموا فوق كل شبر منها اقتصادا زراعيا كثيفا ، أما التلال الداخلية فشأنها شأن السهول المحيطة بها ، قفار قليلة الامكانات بسبب الجفاف .

تمتد التلال الآسيوية بأرخبيل جزر اندونيسيا وغانة الجديدة ، وتستكمل طوقها بعد ذلك على طول الهامش الشرقي المرتفع من قارة استراليا ، وجزيرة تسمانيا ، والشطر الاكبر من أراضي جزيرتي نيوزيلند ، وتلعب التلال الاسترالية دور الحاجز الذي يحول بين المؤثرات المحيطية الرطبة المنبعثة من الشرق وبين الاراضي الداخلية من القارة ، فتسود لذلك ظروف الجفاف .

٤ - افريقيا :

كثير من الاراضي غير الهضبية في هذه القارة الهضبية عبارة عن تلال تتلاحم في غالبية الاحيان بأراضي الهضاب ، أكثر هذه التلال يقع في النصف الجنوبي من القارة جنوب الصحراء الكبرى ، حيث تطلوq أراضيها الهضاب الداخلية حول كل من حوض الكنفو وحول هضبة البحيرات بوسط

شرق القارة ، وحول هضاب جنوب افريقيا الواسعة ، أما النصف الشمالي من القارة بهضاب الصحراء الكبرى ذاتها فيفزه نطلق قوسي من التلال ينبعث كمعبر يربط بين قلب الصحراء وبين أراضي التلال المترامية على الاطراف الشمالية لحواف حوض الكنفو الهضبية ، وتبدو التلال مرة أخرى شمال غرب القارة عند قواعد جبال أطلس ، ثم شمال شرق القارة على طول ساحل البحر الاحمر وامتدادها جنوبا عبر ارتريا الى أراضي الصومال والساحل الشمالي للقرن الافريقي . يقابل هذا على الجانب الآسيوي من البحر الاحمر المنحدرات الدنيا من جبال اليمن ، ثم مرتفعات عسير والحجاز وامتدادها شمالا في تلال جنوب الاردن على طول وادي عربه ، كما يلحق بها شمالا المرتفعات السورية واللبنانية .

اصناف التلال :

كما تختلف الجبال والهضاب في أصولها وعوامل تشكيلها تختلف التلال أيضا . فبعضها تبرز ملامحه أثر عامل التكوين البنائي للصخور ، وبعضها الآخر تنعكس عليه آثار عمليات النحت والتمرية والارساب .

١ - التلال البنيوية :

حينما تتعرض طبقات من الرواسب للتفرض والطي ، فانها تبدو على شكل موجات ، لا تلبث عوامل الحت أن تمارس نشاطها فيها ، حتى تكتشف ما بها من التكوينات الصخرية اللينة فتأتي عليها ، أما التكوينات الصلبة فانها لشدة مقاومتها لتلك العوامل تبقى شاخصة بارزة ، فتنشأ على امتدادها حافات التلال التي تفصل بين الأودية والمنخفضات وتتخذ لذلك نمطا يتكرر مع تعاقب التكوينات الصلبة واللينة ، فترى التلال وقد برزت في أحزمة متوازية تقريبا تحصر بينها أشرطة من البطون والقيعان ، لهذا فان النمط العمراني يتبع النمط التضريسي ، حيث تسود الزراعة بطون الأودية ومدرجات قواعد التلال ، أما المنحدرات فتترك للمراعي والغابات . كذلك تتبع شرايين المواصلات نفس النمط ، فتمتد في بطون

الوديان ، أما اذا اضطرت لعبور حافات التلال عرضيا فان ذلك يكون عن طريق فجوات معدودة حفرتها أودية جانبية أوجدت بها ما يشبه الممرات الضيقة المتباعدة .

٢ - التلال الحتية الارسابية :

حينما تكون الطبقات الصخرية بمناطق التلال أفقية الوضع ، أو متكتلة مندمجة متجانسة التركيب والصلابة ، أقسح ذلك المجال أمام عمليات النحت وحدها لكي تصوغ أشكال التلال ، فالأودية النهرية عندما تمزق تلك البقاع ، فانها تتفرع في شبكات تشبه الى حد كبير تفرع أغصان الاشجار ، ولذا يطلق عليها اسم النظام الشجري للمجموعات النهرية ، ومن ثم ترسم حافات التلال نفس النمط الشجري فيما بين التفرعات ، مثال ذلك تلال الجرانيت البارزة على الجانب الشرقي لوادي عربه بجنوب الاردن ، ومناطق تلال الكتار على جانبي السهل الفيضي المعروف بالأزوار بنهر الاردن .

بعض التلال الحتية توجد بالمناطق التي اجتاحتها الجليد ، حيث حفرت ألسنته أودية غائرة في المناطق التي تركزت بها ، بينما برزت الارض فيما بينها على شكل صفوف من التلال ، وفي المناطق التي انتهى اليها الجليد وأرسب حمولته من الركام ، نشأت صفوف أخرى من تلال ارسابية ركامية مستطيلة متعرجة ، وفي بعض الجهات الصحراوية قد تتراكم الرمال على شكل تلال صغيرة متحركة من الكثبان ، التي يغطي بعضها مئات الكيلومترات المربعة من سطح الصحراء ، كالحال في صحراء الربع الخالي جنوب شرق الجزيرة العربية ، وبحر الرمال العظيم فيما بين مصر وليبيا .

الفصل السابع

الغلاف المائي

يشتمل الغلاف المائي للكرة الأرضية على عدد كبير من المسطحات المائية التي تتألف منها الاجسام الكبرى للمحيطات والبحار ، ثم البحيرات والأنهار ، وأغلفة الجليد على سطح الأرض اليابسة ، والمياه الجوفية أو الباطنية الغائرة في الحيز الخارجي من صخور القشرة الأرضية .

البحار والمحيطات

تغطي البحار والمحيطات نحو ٧١٪ من المساحة الكلية لسطح الأرض ، والواقع أن علم الجغرافيا اذ يهتم بدراسة الأرض كموطن للجنس البشري ، فإنه لا يسعه أن يهمل تلك المساحة الهائلة التي تغطيها المياه المالحة من سطح هذا الكوكب . ولعل أهمية هذه المياه تتضامن في الأذهان للوهلة الاولى اذ نصفها بالملوحة ، ولكن الواقع غير ذلك . حقيقة أن الانسان وان كان لا يقضي حياته في البحر ، الا أن للبحر علاقة وثيقة بحياته ، فعبايه يمثل طرقا ممهدة يستخدمها ليحمل عليها سلعه ومتاجره بين قارات العالم ، ومن كائناته الحية يتخذ غذاءه وخاماته ، وعلى أملاحه ومعادنه تقوم الكثير من صناعاته ، ناهيك عن أهمية المسطحات المائية الكبرى والصغرى كمطبخ للمناخ على سطح الأرض، بما تحدثه من تلطيف

في تطرف درجات الحرارة ، وارسال الفيث سقيا للمناطق اليابسة من هذا السطح .

كذلك كان المحيط في المراحل المبكرة من تاريخ كوكبنا المهده الذي نشأت به كافة صور الحياة ، ومنه انتقلت الى البر ، ولسوف تزداد أهمية هذه المياه المالحة تباعا بابتكار وسائل رخيصة التكلفة لتحليتها ، لسد العجز في المياه العذبة اللازمة في كثير من بقاع العالم . بل ان مياه البحر المالحة على حالها تستخدم الان في المصانع للتبريد كمصانع الحديد والصلب ومولدات الطاقة النووية ، وأخيرا استخدمت هذه المياه بنجاح حتى لأغراض الزراعة وانتاج المحصولات الغذائية ، وان كان ذلك يتطلب نوعا خاصا من التريات ، ودورة زراعية معينة تزرع بموجبها نباتات محبة للملوحة بين عام وآخر ، لتخفيف نسبة تركيز الاملاح في التربة من جراء الري بماء البحر ، ويقال بأن هذه الطريقة تعدت فعلا مراحل التجريب الى مراحل التطبيق على مساحات كبيرة في بعض الدول .

كذلك البحر مورد لا ينضب لاستخراج الكثير من العناصر المعدنية التي تشتمل مياهه على عشرات منها ، كما أن استخدام الطاقة الناتجة عن حركة الماء خاصة في المد والجزر قد أصبح حقيقة واقعة في بعض الدول كفرنسا وأمريكا . وإذا كان البحر مصدر الرطوبة عصب الحياة على البر ، فإنه في نفس الوقت مستودع هائل للغذاء ، الذي تتفاقم مشكلاته عاما بعد عام ، نتيجة للنمو السريع المطرد لسكان العالم . هذا المصدر من انغدام السخي لم يستغل بعد كما ينبغي برغم التقدم الملموس في معدات الصيد ووسائله ، غير أن هذا في حد ذاته دليل على أن الانسان رغم ما بلغ من تقدم حضاري وعلمي ما زال يمارس في البحر حرفة من أقدم حرقه البدائية ، وأعني بهذا حرفة الصيد ، والصيد افناء أو بمعنى آخر « تعدين » للثروة ، يأخذ ولا يعطي ، وفي ذلك استنزاف لمورد لا يعوض .

ولكن مما يثير بالخير أن بعض التجارب قد نجحت في استزراع المحيط بالؤلؤ ونباتات بحرية أخرى ذات قيمة غذائية عالية لما تحويه من بروتين،

يصلح لغذاء البشر بعد معالجته كيماويا لجعل طعمه مستساغا ، ففي المحيط ستكون مزارع الغد ، ولكن قبل أن نتفاعل بالقدم ما زالت أماننا مراحل طويلة من الدراسة التفصيلية الشاملة لمعرفة أنسب الظروف والبيئات التي يزدهر في كنفها نمو الكائنات البحرية، وهذا بدوره يتطلب عملية « مسح » للمسطحات المائية بجميع جهات الارض ، والواضح أن مثل هذا العمل الضخم يقتضي تعاوننا دوليا بين أمم الارض لقلّة جدوى الجهود الفردية . كما أن مشكلات التلوث على نطاق واسع تهدد مساحات كبيرة من مياه المحيط ، وتقلبها فعلا الى « صحار » مائية مقفرة تماما من الحياة .

طبيعة ماء البحر :

ماء البحر مادة شديدة التعقيد على الرغم من أن ٩٦,٥٪ منها ماء عذب، ونسبة ضئيلة لا تزيد على ٣,٥٪ فقط من وزنها مواد صلبة ذائبة ، معظم هذه النسبة من ملح الطعام العادي (كلوريد الصوديوم) ، فمياه البحر تحتوي على نحو ١٨.٩٨ جرام من الكلورين في كل كيلوجرام ماء ، وعلى ١٠.٥٦١ جرام من الصوديوم في كل كيلوجرام ، وهذان هما العنصران المشكّلان للملح الطعام . يلي ذلك عنصر المغنيزيوم، ويوجد منه ١٢٧٢ جزءا في كل مليون جزء من ماء البحر ، فالكبريت ونسبته ٨٨٨٤ جزءا في المليون ، والكالسيوم ٤٠٠ جزء في المليون ، والبوتاسيوم ٣٨٠ جزءا في المليون . هذا فضلا عن العديد من العناصر الأخرى ، التي توجد بكميات قليلة ، ولكن على الرغم من هذا فإن ليمضها أهمية بيولوجية أو اقتصادية كبيرة ، يضاف الى ذلك العديد من العناصر الأخرى التي توجد بكميات أقل ، كالمعادن الثمينة مثل الذهب الذي يوجد منه ٠.٣٠٠٠٦ أجزاء في كل ألف مليون جزء ، أو في كل طن من ماء البحر ، ومن الراديوم يوجد ٠.٠٠٠,٠٠٠,٢ جزء في الطن ، بالإضافة الى ذلك توجد عناصر السيليكون والنيتروجين والفوسفور وغيرها . ولمعرفة كمية بعض هذه المعادن في بحار ومسطحات العالم يكفي أن نذكر أن أملاح المغنيزيوم بهذه المياه تكفي لتغطية القاع

بكافة جهات البحار والمحيطات بطبقة سمكها ستة أمتار ، أما ملح الطعام فهو عشرة أمثال ذلك أي أنه يمكن أن يغطي كافة جهات القاع بطبقة متصلة سمكها ستون مترا .

تتراوح نسبة ملوحة مياه المحيط بين ٣٣ ، ٣٧ في الألف ، فهي تنخفض كثيرا حيث تنصب الأنهار الكبرى ، بينما تبلغ الذروة بالمسطحات المائية التي تتعرض للبخار السريع دون أن يصلها إيراد نهري كبير ، كالحال في البحر الأحمر ، حيث تبلغ نسبة ملوحته ٤٠ في الألف ، بالإضافة الى مياه الانهار ، فالطر عامل هام آخر في تخفيف حدة الملوحة ، فقيما بين خطي عرض ٤٠° شمالا و ٣٥° جنوبا ، يقل المطر بشكل ملحوظ في العروض المدارية ، باستثناء شريط ضيق حول خط عرض ٥° شمالا ، ولذا تزداد الملوحة التي تبلغ أقصاها ٣٥,٨ في الألف بالمحيطات حول خط عرض ٢٥° شمالا ، والى الشمال من ذلك تقل النسبة تدريجيا .

أما بالنسبة للتوزيع الحراري للمياه السطحية ، فإن النمط العام لتوزيع الطاقة الحرارية يتفق مع كمية الطاقة الواصلة من الشمس الى الأرض ككل ، بمعنى أن أدفا المياه توجد بالقرب من خط الاستواء ، وأبردها توجد تجاه القطبين ، كما أن معدل فقدان الحرارة يتخذ نفس النمط الموجود على اليابس ، فكمية الحرارة التي تتلقاها المياه فيما بين خط الاستواء ودوائر عرض ٣٠° شمالا وجنوبا ، أعظم من الفاقد بالاشعاع والتلامس مع الهواء والبخار ، ولكن فيما بين هاتين الدائرتين والقطبين ، تنعكس الآية ، ويكون الفاقد أعظم . ولذا تقوم كل من التيارات المائية والهوائية بنقل الحرارة ، وإعادة توزيعها من العروض الدنيا للمحيطات ، لتعويض المسطحات المائية بالعروض العليا عن العجز الناتج عن زيادة الفاقد على الوارد ، وتبلغ هذه الحركة أشدها عند خط عرض ٤٠° شمالا وجنوبا ، وهذا ينقلنا لمناقشة الدورة المائية العامة للغلاف المائي على سطح الأرض .

دورة المياه بالمحيطات :

الركود التام ليس من خصائص المياه بأي جزء من أجزاء المحيط، فهناك حركة دائبة بجميع جهات الغلاف المائي لسطح الأرض ، مبعثها عوامل متعددة ، أهمها القوة الناشئة عن دفع التيارات الهوائية للطبقات السطحية من المياه ، ثم اختلاف كثافة المياه الناجمة عن تفاوت درجات الحرارة ونسبة الملوحة من مكان الى آخر . بالإضافة الى هذا ، تلعب قوى أخرى كقوة دوران الأرض حول نفسها ، وما ينشأ عن ذلك من انحراف الأجسام المتحركة على سطحها على يمين أو يسار اتجاهها طبقا للموقع من نصفي الكرة ، ثم أشكال السواحل ونظام توزيع اليابس ، لكل أولئك دوره الهام في نظام الدورة العامة للمياه بالمحيطات والبحار ، وينشأ عن ذلك ما يعرف بالتيارات المائية ، وهي على نوعين :

التيارات الرأسية أو العمودية التي تسبب هبوط كتل مائية الى الأعماق أو صعود أخرى نحو السطح ، فالمياه الباردة أو الشديدة الملوحة تميل الى الهبوط وتكوين الكتل السفلى ، في حين أن المياه الدافئة أو القليلة الملوحة لانخفاض كثافتها تطفو على السطح .

أما النوع الآخر من الحركة فهو الحركة الأفقية ، واختلاف الكثافة أيضا دخل كبير في نشأتها ، فمن البديهي أن المياه السطحية الباردة بالمناطق القطبية تهبط نحو القاع ، وتتحرك تجاه خط الاستواء ، في حين تتحرك المياه السطحية في اتجاه معاكس ، لكي تحفظ التوازن ، ومن الأمثلة البارزة على ذلك كتل المياه الباردة التي لوحظ هبوطها على جانبي جزيرة جرينلند ، متجهة الى أعماق المحيط الأطلنطي بالحوض الشمالي ، ثم المياه الدافئة المالحة التي تدخل المحيط المتجمد الشمالي ، وتوجد تحت طبقة المياه الأقل ملوحة عند سواحل سيبيريا .

من ناحية أثر السواحل على دورة المياه ، فيلاحظ أن التيارات المائية متى بلغت سواحل الكتل اليابسة التي تعترضها فانها تنير اتجاهاتها أو تتشطر الى شعب ، كما هو الحال في التيار الاستوائي الجنوبي بالمحيط

الأطلنطي عند وصوله سواحل أمريكا الجنوبية ، ولكن يلاحظ أن هذا العامل يؤثر على الحركة ولكنه لا يسببها ، يوجهها ولكنه لا يبعثها . مثال آخر سلبي هو التيار الجنوبي في نصف الكرة الجنوبي حول قارة أنتاركتيكا ، فهناك حيث لا تعترض الكتلة القارية استمرار مسار الماء ، يوجد تيار دائري يدور حول القارة القطبية ، بحيث يكمل دورة واحدة كل بضعة سنوات على نحو ما سنفصل فيما بعد .

لعل من أهم مسببات الحركة ونشأة التيارات البحرية بالمحيطات هو دفع الرياح السطحية للطبقات العليا من المياه لأعماق قليلة ، فمن الثابت الآن أن للرياح القدرة على تحريك المياه في اتجاه مواز لاتجاه هبوبها ، فالرياح التجارية فيما بين المدارين تدفع التيارات البحرية السطحية نحو الغرب تجاه السواحل الشرقية من القارات ، مما يؤدي الى تراكم المياه السطحية الخفيفة بالقرب من هذه السواحل ، ويصل تأثير هذا العامل الى عمق ١٥٠ مترا في المحيط الأطلنطي و ٣٠٠ متر في المحيط الهادي . أما بالجهات التي تمتاز بتجانس المياه في الكثافة ، فان التراكم على النحو السابق لا يحدث ، ولكن في هذه الحالة تميل المياه الى التجمع على يمين اتجاه الرياح في نصف الكرة الشمالي ، وعلى يسارها في نصف الكرة الجنوبي ، ففي نصف الكرة الشمالي اذا هبت الرياح بموازاة ساحل على يمينها ، فان اتجاه المياه يكون صوب الساحل ، أما اذا كان الساحل على يسار اتجاه الرياح ، فان المياه تنقل نحو الداخل ، أي تجاه الحوض العميق من المحيط ، ومن ثم تحدث ظاهرة انقلاب المياه السطحية *upwelling* حيث ترتفع مياه باردة من الأعماق لكي تحل محل المياه السطحية التي أزيحت نحو الداخل ، ويتراوح العمق الذي تأتي منه المياه الباردة بين ٢٠٠ و ٣٠٠ متر تحت السطح .

التيارات المائية بالمحيطات :

المحيط الأطلنطي الشمالي :

يشتمل هذا الحوض على عدد من التيارات المائية التي تنشأ بالمنطقة الاستوائية ، من بينها التيار الاستوائي الشمالي ،

ولذا فمن المعتقد أن انتقال هذه الكمية من المياه الدافئة قد ساعد على وقوع خط الاستواء الحراري بالمحيط الى الشمال من خط الاستواء الفلكي . وينتشر التيار الاستوائي الجنوبي فيما بين خطي عرض ٢٠ جنوباً ، ٤٠ شمالاً ، وحالما يصل في اتجاهه غرباً ساحل البرازيل ينشطر عند رأس ساوروك الى شعبتين ، احدهما تتجه نحو الشمال الغربي فتدخل البحر الكاريبي وتصبح جزءاً من التيار الاستوائي الشمالي ، أما الشعبة الأخرى فتتجه جنوباً على طول الساحل الشرقي لقارة أمريكا الجنوبية وتعرف باسم تيار البرازيل .

يعمل التياران الاستوائيان الشمالي والجنوبي على تراكم كميات هائلة من المياه على الجانب الغربي للمحيط ، وبخاصة في خليج المكسيك حيث يقدر أن مستوى الماء فيه يرتفع عن معدل مستوى الأطلنطي بنحو ١٩ سم عند مضائق فلوريدا مما يدفع بالمياه من الخليج الى المحيط على شكل تيار يعرف باسم تيار الخليج ، وهو يتكون من ثلاث مراحل ، المرحلة الجنوبية منه تعرف باسم تيار فلوريدا بين المضائق ورأس هاتراس Hatteras وتسمى المرحلة الوسطى حتى الشطوط العظمى تيار الخليج ، وفيما بعد ذلك يعرف التيار باسم تيار شمال الأطلنطي North Atlantic drift ، حيث يتشعب التيار في الجزء الشمالي من حوض هذا المحيط ، والتيار في مجموعه عبارة عن تطلق ضيق من مياه مريضة الحركة ، تفصل بين المياه الشاطئية الباردة على يسارها ، وبين المياه المحيطية الدافئة على يمينها .

وتبلغ أقصى مرة لهذا التيار نحو ١٦٠ كيلومتراً يومياً في نطاق أوسط يبلغ عرضه نحو سبعين كيلومتراً . بشمال الأطلنطي يتشعب هذا التيار ، وينتشر على مساحة واسعة ، فتبطئ حركته ويتجه شرقاً مع الرياح العكسية الغربية ، جزء من هذا التيار يتخذ مساراً جنوبياً شرقياً ليكون تيار كناري ، أما الباقي فيتجه الى الشمال والشمال الشرقي ، وهنا تتغير خصائص المياه التي تحمل الدفع الى سواحل غرب أوروبا ، بل وإلى أطراف المحيط المتجمد الشمالي ، بعض المياه تتجه غرباً الى الجنوب من أيسلند في

تيار يسمى ارمنجر Irminger الذي يلتقي بتيار شرق جرينلند البارد بعد ذلك ، ومن اتحادهما تتكون الكتل المائية الباردة ، التي تهبط الى الأعماق بشمال حوض الأطلسي . كذلك تدخل بعض المياه بحر النرويج ، وفي جميع هذه الجهات تساعد التيارات على تلطيف حدة البرودة ، و تيار الخليج من هذه الناحية أكثر فاعلية من نظيره بشمال المحيط الهادي ، فالرحلة التي يقطعها تيار الخليج الى هذه الجهات لا تزيد على خمسة آلاف كيلومتر ، بينما يقطع تيار شمال المحيط الهادي رحلة تزيد على ثمانية آلاف كيلومتر يفقد خلالها الكثير من حرارته .

تيارات جنوب الأطلسي :

على الجانب الشرقي يوجد تيار بنجويلا ، الذي يتحرك شمالا بالقرب من ساحل أفريقيا ، ويبلغ عنفوانه فيما بين رأس الرجاء الصالح وخط عرض ١٨ جنوبا ، نتيجة لحركة التيار في النصف الجنوبي من الكرة فان المياه الكثيفة توجد على يمينه تجاه الساحل، ويقدر أن هذا التيار ينقل نحو ١٦ مليون متر مكعب من الماء في الثانية .. وفيما ورام خط عرض ٢٠ جنوبا ، يعتمد التيار عن الساحل كثيرا ، فيتجه غربا لكي يتحد مع التيار الاستوائي الجنوبي . وبصفة عامة يمكن القول بأن تيار بنجويلا أقوى وكمية المياه التي ينقلها أعظم من نظيره المعروف باسم تيار البرازيل على الجانب الغربي للمحيط ، وينشأ هذا الأخير كشعبة من التيار الاستوائي الجنوبي بعد أن ينشطر عند رأس ساوروك ، ويذهب الشطر الأعظم منه الى الشمال ، ولذلك كانت كمية المياه التي تتحرك بتيار البرازيل قليلة لا تعدو ١٠ مليون م^٣ في ثانية ، ويظل هذا التيار الدافئ يتجه جنوبا حتى خط عرض ٢٠ جنوبا ، وعندئذ يلتقي بتيار فوكلند البارد ، ومن اتحاد هذين التيارين المختلفين ينشأ تيار يتجه من الغرب الى الشرق عبر جنوب الأطلسي ، بتأثير دفع الرياح الغربية ، ومن ثم تستكمل المياه دورتها في اتجاه ضد اتجاه عقارب الساعة بالنصف الجنوبي من هذا المحيط .

تيارات المحيط الجنوبي :

يدور حول قارة أنتارتيكا تيار من الماء ، يتجه من الغرب الى الشرق ، تبلغ سرعته عند خط عرض ٥٠ جنوبا نحو ١٥ سم في ثانية ، وقد لوحظ أن الأجسام الطافية مع ماء هذه العروض تتحرك شرقا بمعدل ١٢ كم يوميا ، وتستغرق رحلة هذه الأجسام ما بين ٣ ، ٤ سنوات لكي تتم دورة كاملة حول القارة القطبية ، ويدور التيار بانتظام حول هذه القارة ولكن في مسار يتغير تبعا لتضاريس قاع المحيط ، من ذلك تحوّل التيار عن مساره عند مناطق العافات البارزة من القاع ، والتي يبلغ عدد ما يعترضه منها نحو خمس حافات . كما أن امتداد الطرف الجنوبي لقارة أمريكا الجنوبية يحصر هذا التيار في شقة مائية ضيقة ، ولكن بمجرد عبورها ينتشر التيار شمالا ، حتى أن جزءا منه يكون تيار فوكلند السابق ذكره .

تيارات المحيط الهندي :

نتيجة لتغير نظام هبوب الرياح في هذا المحيط ، فإن الدورة المائية به صيفا عكسها شتاء ، فالتيار الاستوائي الشمالي الذي يصل حتى سواحل الصومال يبلغ أوجه في فبراير (شباط) ومارس (آذار) أثناء هبوب الرياح الموسمية الشمالية الشرقية ، ولكن في أغسطس وسبتمبر (آب وأيلول) ، حينما تهب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية يختفي هذا التيار ، ليحل محله تيار يعرف باسم التيار الموسمي ، الذي يتجه في حركة عكسية ، أي من الغرب الى الشرق .

كذلك التيار الاستوائي الجنوبي الذي يوجد فيما بين خطي عرض ٢٧٠ و ١٠ جنوبا في فصل الشتاء ، يتحرك شمالا في فصل الصيف ، وتتجه مياهه بمحاذاة الساحل الافريقي ، ابتداء من خط عرض ١٠ جنوبا حتى يعبر خط الاستواء ، أما الجزء المتبقي فيتجه جنوبا ويحمل اسم تيار موزمبيق ، وعند خط عرض ٣٠ جنوبا يطلق عليه اسم تيار أوجلاس Aughas

الذي يكون نطاقا مائيا ضيقا واضح المعالم على بعد يقل عن ١٠٠ كم من الساحل الأفريقي ، وحالما يصل الطرف الجنوبي للقارة ، يدخل جزء يسير منه الى المحيط الأطلنطي ، بينما ينعطف معظمه شرقا ثم شمالا قبل وصوله سواحل استراليا ، حيث يعرف باسم التيار الأسترالي الغربي ، وهو نظير تيار بنجويلا بالمحيط الأطلنطي .

تيارات المحيط الهادي :

يشبه نظام الدورة المائية بالمحيط الهادي ما سبق أن ذكرنا عن المحيط الأطلنطي ، حيث يوجد تيار استوائي جنوبي يفصله عن التيار الاستوائي الشمالي تيار راجع يتجه الى الشرق ، هذا التيار المضاد أشد بكثير من نظيره في المحيط الأطلنطي ، ولعل أهم ما يميز المحيط الهادي هنا أنه أسفل التيار الاستوائي الجنوبي المتجه غربا ، يوجد تيار سفلي يتخذ اتجاهها عكسيا يعرف باسم تيار كرومويل Cromwell Current ، وهو عبارة عن طبقة رقيقة من المياه تتحرك شرقا بسرعة فائقة عند خط الاستواء ، وتبلغ سرعة هذا التيار صيفا نحو ١٠٠ سم في الثانية ، وتزداد سمك طبقة المياه كلما تقدم التيار شرقا ، ولذا يبلغ معدل ما يحمله من ماء نحو ٣٩ مليون م^٣ في الثانية .

أما التيار الاستوائي الشمالي بهذا المحيط ، فيشبه الى حد كبير نظيره في المحيط الأطلنطي ، حيث يتجه من الشرق الى الغرب ، ويزداد حجمه كلما تقدم غربا ، يساعد على ذلك ما يضاف اليه من مياه دافئة من الكتلة الاستوائية السطحية . ويبدأ هذا التيار بالقرب من سواحل أمريكا الشمالية ، ويزداد عرضه وعمقه بالتدريج ، ولكنه بطيء في تقدمه نحو الغرب ، فيبلغ معدل سرعته نحو ٢٠ سم / ثانية ، وحالما يقترب من الجانب الغربي للمحيط ينقسم هذا التيار الى شعبتين احدهما ترتد راجعة مع التيار الاستوائي المضاد ، أما الأخرى فتتجه شمالا على طول سواحل الفلبين وتايوان وتعرف باسم تيار كوروشيو Kuroshio وهذا التيار نظير تيار الخليج في المحيط الأطلنطي، الجزء الجنوبي من هذا التيار فيما

بين سواحل الفلبين واليابان يمتد الى عمق ٧٠٠ متر تحت السطح ، وتبلغ سرعته ٩٠ سم في الثانية في الصيف ، تهبط الى ٦٠ سم في الثانية اثناء فصل الشتاء .

عند خط عرض ٣٥ شمالا يتشعب هذا التيار الى شعبتين ، تدور الأولى شرقا وتصل في سيرها خط طول ١٦٠ شرقا ، أما الأخرى فتتجه نحو الشمال الشرقي حتى خط عرض ٤٠ شمالا ، حيث تنعطف بدورها نحو الشرق عندما تلتقي بتيار من الماء البارد يعرف باسم تيار أوياشيو Oyashio ، ومن اختلاطهما يتكون تيار شمال المحيط الهادي ، وقبل أن يصل هذا التيار في اتجاهه شرقا خط طول جزر هوائي ، ينعطف جنوبا ثم يدور غربا ، وعند هذا الحد تكون مياه تيار شمال الهادي قد تغيرت في خصائصها الطبيعية تماما عن التيار الأصلي كيروشيو .

وحالما يقترب هذا التيار من السواحل الشرقية للمحيط يتشعب شعبتين ، واحدة تدخل خليج آلاسكا ، أما الأخرى فتتجه جنوبا على طول سواحل كندا والولايات المتحدة . الشعبة الأخيرة تعرف باسم تيار كاليفورنيا ، وهو نشيط بين خطي عرض ٤٨ ، ٢٣ شمالا ، وحدّة الداخلي نحو المحيط يبعد بمقدار ٧٠٠ كم من الساحل ، وينقل التيار نحو ١٠ مليون م^٣ من الماء في الثانية ، وهنا تحدث عملية انقلاب بالمياه السطحية تؤدي الى صعود مياه باردة نحو السطح في الربيع وأوائل الصيف ، لدرجة أن حرارة المياه في الربيع تكون أبرد منها في فصل الشتاء ، وتأتي المياه من أعماق لا تزيد عن ٢٠٠ متر تحت السطح ، نتيجة للرياح الخارجة من القارة ، ويبطل أثرها تماما في فصل الخريف .

أما التيار الاستوائي الجنوبي ، فانه يتجه شرقا حتى خط طول ١٣٥ شرقا ، وهي مسافة تزيد على ثلاثة أمثال المسافة التي يقطعها نظيره في المحيط الأطلنطي ، ويتفرع هذا التيار الى شعبتين ، تتجه الجنوبية منهما بمحاذاة الساحل الشرقي لقارة أستراليا ، وعند خط عرض ٤٠ جنوبا ينعطف هذا التيار نحو الشرق ويدخل في التيار الذي سبقت الإشارة اليه

بالمحيط الجنوبي الذي يستمر في اتجاهه شرقا حتى الطرف الجنوبي من
قارة أمريكا الجنوبية ، وهناك يتشعب ، وتتجه الشعبة الشمالية منه على
طول ساحل القارة مكونة ما يعرف باسم تيار بيو أو همبولت البارد ،
ويمتد الى مسافة ٩٠٠ كم من الساحل ، ويظل محافظا على اتجاهه شمالا
حتى جنوب خط الاستواء ، حيث يدخل بعد ذلك في التيار الاستوائي
الجنوبي . يوجد تحت هذا التيار تيار آخر مضاد يتجه الى الجنوب على
عمق ٤٠٠ متر بالقرب من الساحل، ودرجة حرارة المياه به أعلى من درجة
حرارة التيار السطحي .

الجليد على الغلاف المائي :

الجليد بالبحار والمحيطات على نوعين : نوع ينشأ على اليابس
ويتحرك الى البحر ، ويعرف باسم الكتل الجليدية الطافية أو جبال الجليد
ice - berge ، التي تمثل خطرا داهما على الملاحة ، ونوع آخر ينشأ نتيجة
لتجمد مياه البحر ، ويعرف باسم أغلفة الجليد pack - ice ، أو ببساطة
جليد البحار sea ice ، ويمرقل هذا النوع استخدام الموانئ الواقعة
بالعروض العليا دون القطبية خلال فصل التجمد ، على أن أشد النوعين
السابقين خطرا على الملاحة هي جبال الجليد الطافية ، التي تسافر
مسافات طويلة ، وتصل في كثير من الأحيان الى مياه العروض الدنيا .

لجبال الجليدية :

وهي على نوعين ، الاول جبال الجليد بنصف الكرة الشمالي ، وتنشأ
في المعتاد من تكسر الألسنة الجليدية عند مصبات الأودية الجليدية المنحدرة
من البر المجاور ، فهي بهذا تتألف من مياه عذبة . أما النوع الثاني فيوجد
بنصف الكرة الجنوبي وينشأ عن تكسر الحواشي الخارجية من الأغشية
الجليدية ice caps حول قارة أنتارتيكا ، وهو بهذا يتألف من مياه مالحة ،
والنوع الاول أصغر حجما وبالتالي أسرع حركة من الكتل الجليدية
الطافية التي تنشأ في نصف الكرة الجنوبي .

أما عن الأحجام فقد يبلغ طول بعض هذه الكتل عشرات الكيلو مترات في نصف الكرة الجنوبي ، ولكن في المعتاد لا يزيد طولها على ٦ كيلومترات، بينما لا يتجاوز طول الجبال الطافية للجليد بنصف الكرة الشمالي نصف كيلومتر الا في أحوال قليلة ، ويبلغ ارتفاع الكتل فوق سطح الماء ٣٠ أو ٤٠ مترا . هذا ويختلف عددها من عام لآخر ، ففي العقد الاخير من القرن الماضي كان عددها من الكثرة حتى أن الطريق الملاحي القديم بين أمريكا الجنوبية وأفريقيا وأستراليا هجرته السفن الى طريق آخر أكثر تطرفا نحو خط الاستواء ، وتصل الكتل الآتية من القارة القطبية الجنوبية في تجوالها الى حوالي خط عرض ٣٥ جنوبا في الأطلنطي ، و ٤٥ جنوبا في المحيط الهندي ، و ٥٠ جنوبا في المحيط الهادي ، وذلك في نصف الكرة الجنوبي .

وتدفع التيارات البحرية هذه الكتل في اتجاه مساراتها بينما تحرك الرياح الغلافات الجليدية . في نصف الكرة الشمالي توجد مصادر هذه الجبال في جرينلند وفرانز جوزيف لند ونوفايامليا ، فمن السواحل الجنوبية الشرقية والشمالية الغربية لجرينلند تنتشر هذه الكتل في تيار جرينلند في الشرق ، وتيار لبرادور في الغرب ، الى أن يلتقيا الى الشرق من الشطوط العظمى فيما بين خطي عرض ٤٧ ، ٤٣ شمالا ، وهنا توجد قوة بوليسية دولية تنبه السفن الى أماكن الجبال الجليدية الطافية ومساراتها ، وذلك بعد كارثة غرق السفينة تيتانيك titanic عام ١٩١٢ .

ويتفاوت عدد هذه الجبال في النصف الشمالي كثيرا من عام لعام ، فقد سجلت القوة البوليسية نحو ١٣٠٠ منها في سنة ١٩٢٩ ، ولكنها لم تشهد سوى ١٦ منها سنة ١٩٢٤ ، وفي الفترة ما بين سنة ١٩٠٠ و ١٩٢٣ بلغ معدل ما وصل منها الى خط عرض ٤٨ شمالا نحو ٤٠٧ كتلة سنويا ، وفي بعض السنوات التي تتكاثر فيها هذه الجبال قد تصل في تجوالها الى خط عرض ٣٠ شمالا ، وجزر الأزور والسواحل البريطانية . من حيث العمر ، نلاحظ أن معظم هذه الجبال يتلاشى في بحر عامين أو أقل من تاريخ نشأته ،

كما أن قمة موسم تكاثرها تكون في شهر مايو ويمتد موسمها فيما بين منتصف مارس ومنتصف يوليو .

كذلك يتميز المحيط المتجمد الشمالي بكونه مصدرا لما يسمى بالجزر الجليدية التي تنشأ على هوامش اليابس بشمال جرينلند وجزيرة Ellesmere ، ثم تتحرك في بطء داخل الأغلفة الجليدية ، وتعرض أثناء ذلك للذوبان من أسفل ، والبناء من أعلى ، بسبب تساقط الثلوج ، وقد يصل طول بعض هذه الجزر نحو ١٧ كم وعرضها ٧ كم ، وتختلف عن الجبال الطافية لأن سطحها في المعتاد عظيم الاستواء ، وفي داخل المحيط المتجمد الشمالي تدفع التيارات البحرية هذه الجزر في حركة في اتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة .

الغلافات الجليدية أو جليد البخار :

وينشأ عادة على طول السواحل ، خاصة إذا كانت نسبة الملوحة منخفضة كما هو الحال على سواحل سيبيريا ، وفي مناطق الخليجان المحمية حيث المياه ساكنة ، وفي هذه الحالات تتجمد المياه السطحية أولا ثم تنمو الغلافات باستمرار التجمد من أسافلها ، وتسمى هذه الغلافات بجليد الخليجان أو جليد السواحل ، الذي قد يمتد مسافة ٥٠٠ كم من سواحل سيبيريا ، كما أنها واسعة الانتشار حول الجزر الموجودة في أرخبيل شمال كندا .

وتتوقف درجة حرارة تجمد مياه البحر على نسبة ملوحتها ، فعند درجة ملوحة ٣٥ في الألف تتجمد المياه في درجة ١,٩ م ، ولكن نسبة ملوحة مياه سطح الجليد تقل عن المياه الأصلية بكثير فتتراوح فقط بين ٤ و ٥ في الألف نتيجة لازاعة الملح عند التجمد ، ثم سقوط الثلوج من الجو على سطح الاغلفة ، وكلما كانت درجة الحرارة أكثر انخفاضا كلما زادت نسبة الملوحة التي يمكن عندها التجمد ، ففي حالة انخفاض درجة الحرارة الى ١٦ - م تكون نسبة ملوحة الغلافات حوالي ٦ في الألف ، وعند درجة

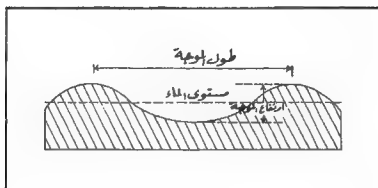
حرارة - ٤٠م تزيد هذه النسبة على ١٠ في الالف ، ولكن من ناحية أخرى كلما زاد سمك الغلافات قلت نسبة ملوحة الجليد . ويتمو الغلاف ما بين متر ونصف وبين خمسة أمتار خلال الشتاء الواحد ، ويظل سمكه يزداد بعد ذلك عاما بعد آخر ، ولكن يبطء عن المعدل السابق ، ويستمر الغلاف نحو خمس سنوات يتلاشى بعدها حينما تدفعه التيارات المائية في مساراتها، وتؤدي الى تكسره الى كتل تتباعد وتنتشر فتدوب بالتدريج .

ويغطي الجليد بأنواعه ما يقرب من ٦٪ من مساحة المحيطات أي ما يعادل ٢٢,٦ مليون كيلومتر مربع ، ولكن المساحة بنصفي الكرة تتفاوت تبعا لفصول السنة ، وتبعا لظروف الحرارة من عام لآخر . ففي نصف الكرة الجنوبي يبلغ انتشار الجليد مداه في الفترة ما بين يوليو وأكتوبر ، وفي فصل الشتاء الشمالي يشغل الجليد الشطر الاوسط من المحيط المتجمد الشمالي ، وهو عبارة عن غطاءات قديمة دائمة تغطي نحو ٥ مليون كيلو متر مربع ، فاذا أضفنا الى ذلك الجليد الهامشي حول سواحل سيبيريا وجرينلند وجزر شمال كندا ، ارتفعت المساحة الى ٨,٧ مليون كيلو متر مربع ، أو ٧٥٪ من مساحة الحوض القطبي كله . ويتحرك الجليد العائم حول هذا المحيط ، تدفعه الرياح والتيارات المائية بحيث يكمل دورته مرة كل خمس سنوات . كما ينصرف الجليد من هذا الحوض الى الحوض الشمالي للاطلنطي مع التيارات الباردة شرقي كندا وجرينلند على النحو السابق ذكره ، ويقدر أن نحو ١٢,٧٠٠ كم^٣ منه تجد طريقها من المحيط المتجمد الشمالي الى المحيط الاطلنطي فيما بين جرينلند وسبتزبرجن ، وخمسة آلاف كم^٣ عبر خليج بفن ، و ٢٠٠٠ كم^٣ تمر فيما بين Bear Island و Franz Joseph Land كل سنة ، وتلعب هذه الكتل الجليدية دورا هاما في تكوين الكتلة المائية الباردة بشمال المحيط الاطلنطي .

الامواج :

الامواج احدى الظواهر الهامة التي تشاهد من وقت لآخر ، وبصور شتى ، على المسطحات المائية ، وتنشأ في الغالب نتيجة دفع الرياح ، وهي

اذ تلعب دورا هاما في تشكيل سطح الجهات الساحلية ، فان لها خصائصها من حيث الطول وهو المسافة بين قمتين متتاليتين ، والارتفاع هو المسافة بين قمة الموجة وقاع حوضها ، ثم التكرار وهو الفترة الزمنية التي تتحرك فيها احدى القمم مسافة تعادل طول موجتها ، فالسرعة وهي المسافة التي تقطعها الموجة في فترة زمنية معينة. وفي المعتاد يكون ارتفاع الموجة نحو $\frac{1}{7}$ من طولها (شكل ٥٣) .



شكل (٥٣) ابعاد الموج

يلاحظ أن المياه لا تتحرك في تيار مائي في الاتجاه الذي تسافر فيه الامواج على نحو ما قد يبدو للعين ، بل ان جزئيات الماء بالموجة تدور في أماكنها تقريبا في مدار دائري أو بيضاوي ، الا أن هذه الجزئيات مع ثباتها النسبي في مواضعها ، فانها تتقدم قليلا في الاتجاه الذي تقصده الامواج ، ويمكن أن يشاهد ذلك بواسطة أي جسم طاف فوق سطح الماء ، فان هذا الجسم متى أقبلت القمة ارتفع ، ومتى أدبرت هبط في موضعه تقريبا ، ولكن اذا استمرت الملاحظة فترة طويلة فسوف نرى أن هذا الجسم الطافي قد قطع مسافة يسيرة في اتجاه الموج .

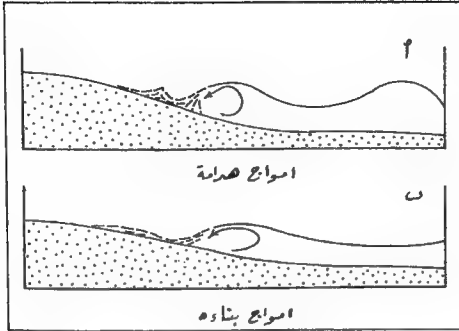
باستثناء بعض الامواج التي تثيرها الهزات الارضية الزلزالية في المحيطات ، فان الرياح وحدها هي الباعث والمحرك للامواج ، فالرياح

عندما تبدأ تهب على مسطح مائي ساكن ، فإن اختلاف الضغط الناجم عنها على سطح الماء يثير دوامات تنمو وتتحرك بسرعة تتناسب مع سرعة التيار الهوائي ، فتنشأ عنها الامواج ، التي تدفعها الرياح بعد ذلك في اتجاه عامودي على مساراتها فتتمدها بالطاقة المحركة .

الامواج في المياه الضحلة :

تهتمنا حركة الامواج في المياه الضحلة قرب السواحل نظرا لانها العامل الاساسي في تشكيل سطح هذه الجهات ، فحالما تدخل الامواج الى جهات قليلة العمق ، فإن خصائصها وأبعادها تتغير ، فطول الموجة وسرعتها يقلان في حين أن ارتفاع الموجة يزداد ، خاصة اذا كانت الموجة من النوع المسطح (flat) التي ربما تضاعف ارتفاعها قبل أن تتحطم قرب خط الساحل ، نتيجة لقصر طول الموجة وتزايد ارتفاعها كلما قل عمق الماء عند الساحل ، فإن جوانبها في هذه الحالة تزداد وعورة ويزيد في نفس الوقت تحذب القمة وانبساط القاع ، ويتبع هذا التغير تغير آخر في شكل المسار الذي تسلكه جزئيات الماء ، حيث يتحول من الشكل الدائري الى البيضاوي ، وعند هذه المرحلة ما تلبث الموجة أن تتحطم ، وقد كان الاعتقاد السائد هو أن مجرد دخول الموجة منطقة مياه شاطئية يقل عمقها عن ارتفاع الموجة يؤدي الى تحطمها عند احساسها بالقاع ، ولكن هذا اذا كان صحيحا فان هناك عوامل أخرى أهمها أن تحول مسار الجزئيات الى الشكل البيضاوي يزيد من طوله في نفس الوقت الذي تقل كمية المياه بالموجة نتيجة لقصر طولها ، ومن ثم تكون كمية المياه أقل من القدر اللازم لاتمام الدورة بالمسار ، فيصبح الجانب الامامي من الموجة فراغا ، تهوي به قمة الموجة فتنفض أو تتحطم (شكل ٥٤) .

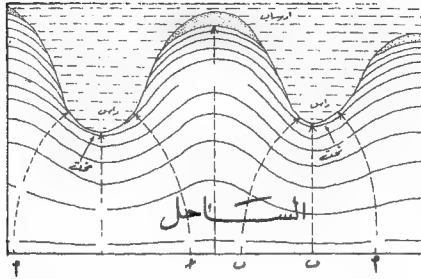
بالقرب من الشواطئ أيضا ، تحدث ظاهرة هامة ، هي انكسار الموج Refraction والسبب في ذلك راجع الى ظاهرة قصر طول الموجة بقلّة العمق ، وعدم انتظام شكل الساحل أو القاع أمامه ، فسرعة الموج بالجهات العميقة نسبيا ستكون أكثر منها بالجهات الأقل عمقا ، ومن ثم سيكون اتجاه قمم



شكل (٥٤) تعطم الامواج

الموج موازيا لخطوط الكنتور بالقاع ، أي أن خطوط القمم ستتحني حسب كنتور القاع ، وبذا يعمد توزيع طاقة الموج عند ارتطامه بالساحل . ففي المياه العميقة تكون خطوط القمم مستقيمة متوازية ، والطاقة موزعة عليها بالتساوي ، فإذا فرض ورسمنا أعمدة من هذه الخطوط لتعبر عن توزيع طاقة الموج ، فإن القاع إذا كان مستويا ، والساحل يغلو من التعاريج ، فسوف تظل خطوط القمم متوازية مستقيمة ، وأعمدة الطاقة المنبعثة منها موزعة بالتساوي على خط الساحل .

أما إذا كان الساحل متمرجا ، والقاع أمامه متضرسا ، فإن خطوط القمم سوف تنثني ، والطاقة الناتجة عن تعطم الموج على الساحل ستتوزع بشكل آخر ، بحيث تتركز الطاقة على الاجزاء البارزة ، وتقل على الخلجان أو الجهات ذات القاع الاقل عمقا ، ولذلك تعترض البقاع البارزة من السواحل لنشاط هدمي أكثر من الجهات الغائرة (شكل ٥٥) .



شكل (٥٥) قوة الموج حسب أشكال السواحل

أما من حيث حركة الماء وانتقال كتلته في اتجاه الموج ، فإن الامر يختلف باختلاف درجة انحدار الموجات ، أو بمعنى آخر ارتفاعها . ففي الجهات العميقة من البحار والمحيطات ليس هناك ما يعوق حركة الماء ، ولكن حالما تدخل الأمواج المياه الشاطئية ، ويقل العمق ، فإن المياه المنقولة تتراكم فيرتفع المستوى عند الشاطئ ، ولكن لما كانت القوانين الطبيعية لا تسمح بذلك فلن يظل التوازن محفوظا لابد أن يقابل ذلك حركة مضادة ، بواسطتها تعود المياه المتراكمة صوب البحر . في حالة الأمواج المنخفضة أو القليلة الانحدار ، تكون الحركة بالأجزاء العليا تجاه البحر ، أما الطبقة السفلى فإن حركة المياه بها تكون صوب البر ، ولذا فإن مثل هذه الموجات من النوع البناء ، الذي يحمل الرواسب ويجرفها مع مياه الطبقة السفلى ليلقي بها صوب البر . العكس بالنسبة للموجات الوعرة ، حيث تكون الحركة بالطبقة السفلى تجاه البحر ، وبالطبقات العليا تجاه الأرض ، كما أن مثل هذا النوع الأخير من الموجات العالية ، ينشأ نتيجة لهبوب الرياح من البحر نحو اليابس ، مما يشجع الحركة السطحية للماء تجاه اليابس ، فتعوضها الحركة السفلى له على القاع تجاه البحر .

ولما كانت الأمواج العادة أو العالية تحدث بسبب رياح قوية ، فإن الجهات الساحلية التي تهب عليها مثل هذه الرياح تكون عرضة للتآكل السريع ، خاصة إذا كان الشاطئ رملياً ، عندئذ تستطیع المياه الراجعة في حركتها على القاع أن تنقل كميات كبيرة من رمال الشاطئ والفتات الصخري نحو الداخل ، وترسيها حسب أحجامها بالمياه العميقة بعيداً عن الشاطئ .

كذلك تسبب الأمواج عند السواحل تيارات مائية بعضها يتجه بموازاة الساحل، ويعرف باسم التيارات الطولية Longshore والبعض الآخر يتجه نحو البحر، ويعرف بالتيارات العرضية rip . ولهذه التيارات أهمية كبيرة في نقل الرواسب وحركتها بالجهات الساحلية . أحد أسباب حدوث هذه التيارات هو انكسار الموج على النحو السابق ذكره، فنتيجة لاختلاف تضاريس القاع ، وتدرج السواحل ، تتوالى البقاع التي توجد بها أمواج عالية ، مع أخرى أمواجها منخفضة ، ويترتب على ذلك اختلاف درجة حركة انتقال الكتل المائية ، التي تعظم حيث الأمواج عالية ، وتتضاءل حيث الأمواج هادئة ، فتتجه المياه على طول الساحل من الجهات الأولى إلى الثانية ، وينشأ عن ذلك النوع الأول من التيارات . أو بمعنى آخر يمكن القول بأن هناك تيارات شاطئية تتجه من الجهات البارزة بالساحل ، أي الرؤوس ، إلى الجهات الغائرة أو الخليجان ، وهذا بدوره يفسر النحت الذي تتعرض له الرؤوس ، إذ تعمل التيارات على نقل الرواسب عندها لتضعها أمام الخليجان . في الجهات التي تتقابل عندها التيارات الطولية من اتجاهين ينشأ تيار واحد عند نقط الالتقاء ، ويتجه هذا التيار صوب البحر في مسار عمودي على الساحل .

وتختلف قوة هذا النوع من التيارات تبعاً لارتفاع الأمواج ، فعقب كل فترة من الأمواج العالية تنشط هذه التيارات بعد أن تكون الأمواج قد عملت على تراكم كمية كبيرة من المياه نحو الشاطئ ، كما أن هذا النوع من التيارات أكثر ظهوراً على الشواطئ الرملية منه على

الشواطئ الصخرية ، أما الامواج الهادئة فتتجم عنها تيارات صغيرة ولكن بأعداد أكبر ، وفي كثير من الجهات يمكن التعرف على آثار القنوات التي تحفرها هذه التيارات في رمال الشاطئ .

تتوقف سرعة الموج وحجمه على عدة عوامل أهمها سرعة الرياح ومدة الهبوب ، فمهما كانت قوة الرياح ، فانها اذا هبت لمدة وجيزة ، لا يمكن أن تسبب أمواجا عالية ، كذلك لسعة المسطح المائي الذي تتولد عليه الامواج أثر في حجم الموج وسرعته ، ويتضح أثر هذا العامل بملاحظة ما يحدث حينما تهب رياح خارجة من اليابس الى المحيط ، فبالقرب من الساحل تبدأ الامواج الصغيرة تتكون ، ويكبر حجمها بالتدريج كلما أوغلت داخل المحيط ، حتى تأتي نقطة يتلاشى فيها أثر مساحة المسطح المائي ، ويصبح حجم الموج وسرعته مرتبطان فقط بسرعة الرياح . ومن المعتقد أن أية شقة مائية تزيد أبعادها على ١٥٠ كيلومترا تكون كافية لتكوّن الأمواج العالية .

كذلك عمق الماء من العوامل الهامة في نمو الموج ، كما أن لدرجة حرارة الرياح المثيرة للموج أثرها على ارتفاعه ، فقد سجل تضاعف ارتفاع الامواج اذا انخفضت درجة حرارة التيار الهوائي عن حرارة المسطح المائي بمقدار ١١ م مع ثبات سرعة الرياح . خلاصة القول هو أن أنسب ظروف نشأة الأمواج الكبيرة هي للمسطحات المائية الواسعة ، خاصة بالمحيطات حيث تهب الرياح القوية ، وأنسب الجهات التي تتوافر لها هذه الشروط هي نطاق الرياح الغربية في نصف الكرة الجنوبي ، أما البحار الداخلية أو المغلقة ، فانها لا تساعد على تكوّن الأمواج العالية .

التسونامي :

هناك نوع من الأمواج العظيمة الطول ، التي تنشأ نتيجة حدوث هزات زلزالية من مراكز بقشرة الارض تقع تحت قاع المحيط ، وتعرف هذه الامواج باسم Tsunami ، وهي كلمة يابانية . على أن البمض يطلق

عليها اسم أمواج المد tidal waves ، وتلك تسمية خاطئة ، اذ اتضح تماما أنه ليس لحركات المد أي دخل في تكوينها . ويتميز المحيط الهادي أكثر من غيره بتكرار هذا النوع من الأمواج ، وهذا بطبيعة الحال راجع الى تواجد العديد من المراكز الزلزالية على جوانب هذا المحيط ، فضلا عن حدوثها أحيانا بعوض المحيط الأطلنطي .

هذه الأمواج من الانواع العظيمة الطول ، حتى أن طول الموجة في بعض الأحيان قد يزيد على ١٥٠ كيلومترا ، في حين أن ارتفاعها ربما لا يتعدى مترا أو بعض متر ، وتتوقف سرعة هذه الامواج على عمق المياه ، ففي الجهات التي يزيد عمقها على ٢٥٠٠ قامة تبلغ سرعة الموجة أكثر من ٧٥٠ كيلومترا في الساعة . ولعل أهم ما يميز هذه الأمواج ، أنها تمر ولا يكاد يشعر بها ركاب السفن في عرض البحر ، بيد أنها متى وصلت المياه الشاطئية الضحلة ، تضاعف ارتفاعها عدة مرات ، حتى أنها قد يبلغ علوها العشرة أمتار ، فتكون لها آثار مدمرة على الجهات الساحلية التي تضر بها .

من أمثلة هذه الأمواج ما أثاره زلزال جزر الألوشي في أول نيسان سنة ١٩٤٦ ، فقد وصلت الامواج الى جزر هوائي بعد خمس ساعات ، وكانت المدة بين الموجة الاولى والثانية ١٢ دقيقة ، وقد وصلت بعض هذه الموجات الطرف الآخر من المحيط حتى ساحل أنتاراتيكا . مثال آخر زلزال شيلي في ٢٢ مايو سنة ١٩٦٠ ، الذي سبب موجات عنيفة ، بلغت سرعتها أكثر من ٧٠٠ كيلومترا في الساعة ، وبلغ ارتفاع الموج فيها عشرة أمتار على سواحل جزيرة هوكايدو وهنشو باليابان ، وقد وصلت هذه الموجات أيضا الى سواحل نيوزيلند وأستراليا على الجانب المقابل من المحيط .

المياه القارية

مصدر هذه المياه ، سواء كانت بالبحيرات أو الأنهار أو البحار

الداخلية هو المحيطات ، وذلك بعد أن تمر المياه في مراحل الدورة الطبيعية المسماة بالدورة الهيدرولوجية ، التي ذكرنا طرقا منها من قبل ، وتتخذ المسطحات المائية على اليابس الأشكال الآتية :

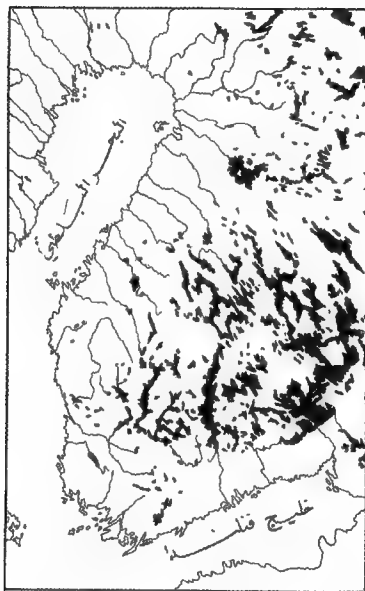
البحيرات : عبارة عن مسطحات مائية محدودة الأبعاد على الأرض اليابسة ، فهي من هذه الناحية أقل أهمية بكثير من المسطحات الهائلة للمحيطات والبحار ، ولكن أهمية الظواهر الأرضية في الواقع لا يمكن قياسها بالحجم فحسب ، إذ أن بعض البحيرات أو مجموعات منها لها من الأهمية المحلية بالنسبة للإنسان ما يفوق كل اعتبارات المساحة والعمق ، فبعض البحيرات تستخدم كمصدر لمياه الشرب ، ومورد للماء اللازم في الصناعة ، وبعضها يمثل طرقا سهلة للنقل ، أو مصائد هامة للأسماك ، فضلا عن كونها أماكن للترفيه والرياضة . ولذا فإن مثل هذه البحيرات ترتبط بحياة السكان المحليين أكثر بكثير من ارتباطهم بحياة البحار المفتوحة والمحيطات .

البحيرات عشوائية في توزيعها على جهات سطح اليابس ، فهناك مساحات واسعة من بعض القارات تكاد تخلو من البحيرات ، باستثناء بعض أنواع غير دائمة منها ، أو باستثناء بعض أنواع اصطناعية ، أي من صنع الإنسان حين ينشئ السدود في مجاري الأنهار . فالبحيرات الطبيعية قليلة مثلا في قارة أمريكا الجنوبية وأستراليا ، وفي معظم قارة آسيا وأفريقيا باستثناء شرقها الأوسط ، فلكي تتواجد البحيرات يلزم توافر عنصرين هامين ، الأول هو وجود منخفضات أرضية حوضية ليست لها مخارج إلى البحر ، وإن وجدت مثل هذه المخارج ، فينبغي ألا تكون عميقة دون قاع البحيرات حتى لا ينصرف من مائها أكثر من الإرادة . والشرط الثاني توافر مصادر مائية بالقدر الكافي لنشأة المسطحات المائية في هذه المنخفضات وتغذيتها باستمرار وتعويض الفاقد ، والشرط الأخير يبين لنا بوضوح استحالة تكون البحيرات وبقائها بالجهات الجافة القليلة

الامطار ، والعكس صحيح بالنسبة للبقاع الرطبة خاصة تلك التي تتميز بعدم انتظام سطح الارض .

ولكن مع هذا فالكثير من البحيرات التي تنشأ في مثل هذه الجهات الملائمة سرعان ما تصفى بفضل المجاري المائية الخارجة منها ، والتي تدأب على نحت مجاريها وتعميقها دون مستوى ماء البحيرات ، وأحيانا ينتهي الامر بالبحيرات الى الانطماء ، أي تردم بفضل ما تحمله اليها المجاري المائية التي تصب فيها من رواسب الطين والطيني ، بالإضافة الى نمو الحشائش وتكاثر الاعشاب والنباتات المائية ، التي تساعد على امتلاء أحواضها ، ورفع منسوب القاع باستمرار ، ومن ثم يقال بأن البحيرات من أقصر أشكال سطح الارض عمرا ، وأنها جميعا ان عاجلا أو آجلا مصيرها الى زوال .

أكثر بقاع سطح اليابس تمتعا بالبحيرات هي تلك الجهات التي تعرضت لزحف الجليد والثلجات (الانهار الجليدية) في عصور جيولوجية حديثة ، على نحو ما أوضحنا سابقا ، ففي مثل هذه الجهات أدت عمليات النحت الجليدي في بعض المواضع الى حفر منخفضات مختلفة الابعاد في السطح ، كما أن الارساب الجليدي في مواضع أخرى قد ساعد على عدم انتظام السطح ، وكثرة ما به من حزون ومنخفضات ليست لها مخارج خفيضة ، وقد تصادف وجود هذه المنخفضات بأقاليم رطبة وفيرة المياه ، فتراكمت المياه بكميات هائلة كمسطحات مائية بالأجزاء المنخفضة ، مكونة العديد من البحيرات المختلفة الاحجام التي لم يمض بعد عليها الوقت الكافي - منذ تراجع آخر أدوار الجليد البلايستوسيني - لكي تنطفي أو لكي تصفيها الانهار الخارجة منها ، حيث أن مجاري هذه الانهار لم تعط الفرصة بعد لكي تعمق مجاريها الى مستويات دون مستويات قيعان البحيرات ، مثل هذه البحيرات توجد بالآلاف في شمال وغرب قارة أوروبا (شكل ٥٦) ، وبصفة خاصة في فنلندا ثم بالجزء الشمالي من قارة أمريكا الشمالية وخاصة في كندا (شكل ٥٧) ، حيث قد تزيد مجموع مساحة



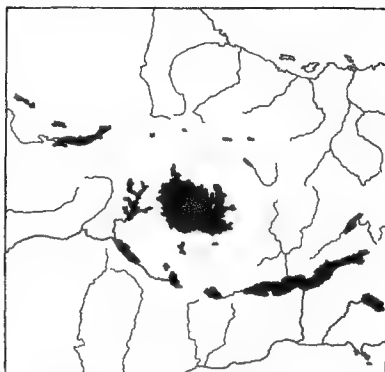
شکل (۵۶) بحیرات فلات



شكل (٥٧) البحيرات في كندا

البحيرات في مناطق واسعة منها عن مجموع مساحة السطح الجاف فيما بين البحيرات .

ترتبط بعض البحيرات في نشأتها بعوامل أخرى غير الجليد ، من ذلك مثلاً بحيرات شرق أفريقيا الاوسط التي نشأ معظمها اما بسبب هبوط سطح الارض في مناطق الخسف الاخدودي ، كالحال في بحيرة نياسا وتنجانيقا والبرت وادوارد ورودف (شكل ٥٨) ، أو بسبب خروج طفوح



شكل (٥٨) بحيرات شرق افرقيا

من المواد البازلتية سدت منخفضات حوضية كالحال في بحيرة تانا ، التي يخرج منها النيل الازرق في اثيوبيا . وأحيانا قد تشغل البحيرات فوهات البراكين الغامدة كالحال في بحيرة كريترليك بشمال كاليفورنيا . كذلك توجد البحيرات في كثير من المناطق الرطبة ذات الصخور الجيرية القابلة للذوبان السريع في الماء ، ففي مثل هذه الجهات يساعد الذوبان على تكوين حفر ومنخفضات في سطح الارض ، لا تلبث أن تشغلها البحيرات كالحال في شمال شبه جزيرة فلوريدا .

بعض البحيرات عذب الماء ، وبعضها الآخر مأؤه ملح ، قد تزيد نسبة الملوحة به كثيرا عن ملوحة ماء البحر . فجميع البحيرات التي تخرج منها

أنهار تصرفها هي بحيرات عذبة ، كالحال في بحيرات النيل بالهضبة الافريقية المعروفة باسم هضبة البحيرات ، والبحيرات العظمى بأمريكا الشمالية ، وبحيرة بيكال في جنوب سيبيريا والبحيرات السويسرية . أما البحيرات التي تنتهي إليها المجاري النهرية ولا تخرج منها فهي بصفة عامة مألحة المياه كبحيرة تشاد في جمهورية تشاد الافريقية ، وجريت سولت ليك بولاية يوتا الأمريكية ، وقان بشرق الاناضول وجازموريان بغرب ايران . مثل هذه البحيرات لا تنصرف المياه خارجة منها ، فتبقى حيث تفقد بالتدريج بواسطة عامل التبخر ، مما يؤدي الى ضياع الماء العذب بهذه الوسيلة ، واستقرار الاملاح التي تتركز بها عاما بعد عام . ولعل أبرز مثال على ذلك البحر الميت ، الذي ينتهي اليه نهر الاردن والوديدة المنحدرة اليه من كلا الجانبين من هضبة الخليل ونابلس وهضبة شرق الاردن ، ولكن لا يخرج من مياهه شيء الى خليج العقبة .

أما اذا كانت كمية البخر تزيد على ايراد البحيرة من الماء خلال فصول السنة أو بعضها ، فان أمثال هذه البحيرة لا تكون مسطحا مائيا مستديما ، بل تصبح في الغالب بحيرة فانية تظهر لتختفي ، ويطلق عليها في المعتاد اسم سبخة playa كالحال في بحيرة أير الاسترالية وغيرها كثير بمناطق الصحارى الحوضية حول العالم .

الأنهار :

من الجو يبدو سطح الارض في معظم جهات العالم بأعداد لا تحصى من المجاري والقنوات ، تظهر وكأنها الشرايين النافرة بالجسم ، هذه هي الأنهار التي هي عبارة عن أشرطة ضيقة من الغلاف المائي فوق اليابس ، تتراوح في أحجامها بين غدران وجداول صغيرة تشق المناطق الجبلية الوعرة ، وبين أنهار عارمة تنحدر فوق سهول فيضية واسعة .

حيث يتمتع النهر بحوض واسع بمنطقة رطبة وفيرة الامطار ، فانه يكون مجرى دائما يفيض بالماء الذي يجري به على مدار شهور السنة ،

والمعكس اذا كان حوض النهر محدود المساحة ، وكمية الامطار الساقطة عليه قليلة ، فان جريان المياه به يكون موسميا متقطعا ، والانهار صغيرها وكبيرها قد لعبت دورا هاما في تاريخ الانسان ، فمنذ أقدم العصور استقر الانسان على ضفاف الانهار طلبا للسقيا والغذاء ، وتيسرا للاتصال ، كما عاش الانسان في الجزر النهرية المحاطة بالماء من جميع الجهات بقصد الحماية من أعدائه . وعند التقاء المجاري النهرية نشأت مراكز العمران التي تحولت الى نقاط التقاء سبل النقل ، وبالتالي صارت مراكز للتجارة . نفس الشيء يقال عن التقاء الماء المذب بالماء الملح عند مصبات الانهار ، حيث تنشأت الموانئ النهرية المحيطية ، التي تتجمع فيها حاصلات الحوض النهرى ، ليحملها البحر الى أقطار نائية .

ومنذ عصر الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر فضلت المراكز الصناعية المواقع النهرية بفرض الحصول على الماء اللازم للسكان وللصناعة ، فضلا عن امكانيات استنباط الطاقة الناتجة من سقوط الماء بالانهار في ادارة المصانع ، والانهار نوعان : دائمة بالجهات الرطبة ، وموسمية بالجهات الجافة .

انهار المناطق الرطبة :

بالاقاليم الرطبة تكون جميع المجاري المائية باستثناء أصغر الجداول الجبلية مجار دائمة ، ومع هذا فكمية المياه حتى في المجاري الرئيسية للانهار بهذه الجهات تتراوح من فصل لآخر تبعا لتوزيع الامطار على الحوض ، فعلى حين تكاد تفيض المياه ببعض الانهار في مواسم الجفاف ، نجد أن الفرق في كمية المياه الجارية بأنهار أخرى بين فصول السنة لا يكاد يذكر ، وذلك متى كانت كمية الامطار موزعة على شهور السنة ، ومتى كانت المياه بالاحواض العليا لا تحتجز فترة الشتاء على شكل ثلج متجمد .

لكل قارة من قارات العالم أنهارها الكبرى الدائمة ، وجميع هذه الانهار تنبع من مناطق جبلية رطبة ، أو من قمم شاهقة تغطيها الثلوج ،

وبعد ذلك تخترق مجاريها مناطق وفيرة الامطار في معظمها . ولكن يستثنى من ذلك بعض الانهار الكبرى كالنيل ودجلة والفرات والكلولوراد والاردن الى تحدا ، فهذه الانهار تخترق مناطق صحراوية شديدة الجفاف في الشطر الاعظم من المجاري الدنيا ، حيث تفقد كميات هائلة من مياهها بالبخر والتسرب أثناء رحلتها في الصحارى الحارة ، ولا تعوضها الاودية الجافة التي تنحدر اليها عادة من الجهات المجاورة . ويطلق على الانهار في هذه الحالة اسم أنهار دخيلة ، لأنها لا تنبع من البيئة التي تجري بها ، بل تستمد الماء من مصادر بعيدة . ولهذه الانهار الدخيلة أهمية بالغة من الناحية البشرية ، لأنها كانت مراكز تجمع للسكان بمناطق جرداء منذ أقدم العصور ، ومن ثم كانت ضفافها بمثابة مهاد للمدنات كالحال في النيل ودجلة والفرات .

المجاري النهرية بالجهات الجافة :

تختلف المجاري النهرية هنا عن الانواع السابقة اختلافا بينا ، فهي مهما عظمت أبعاد أحواضها ، وكثرت أعداد روافدها ، لا تجري الا في أوقات معينة . فتراها تارة جافة لا يسيل بها من الماء شيء ، وأخرى تفيض حتى لتفرق ما على جوانبها من عمران وطرق . لهذا كان من الواجب اتخاذ معايير خاصة بالمناطق التي تجري بها هذه الانهار للوقاية من أخطار السيول العارمة والفيضانات المفاجئة ، ويطلق على مثل هذه المجاري المائية أسماء محلية مختلفة في جهات العالم الجافة ، فهي تعرف بالاودية في العالم العربي / و باسم بحر بلاما في شمال أفريقية / والأرويو Arroyo في الجهات الجافة من العالم الجديد ، حيث استوطن الاسبان والبرتغاليون .

ومثل هذه الاودية كثيرة التردد والتحول عن مجاريها من عام لآخر بفضل ما يرسب في قيعانها الدنيا بصفة خاصة من مواد فيضية ، تكون في المعتاد مراوح عظيمة في بغض الجهات . كما أن بعض الجهات الحوضية المنخفضة التي ينتهي اليها عدد كبير من هذه المجاري تنشأ بها سبخات

تنظيفها المياه المالحة بصفة مستديمة أو مؤقتة . يلاحظ أن أهمية الكثير من هذه الاودية لا ترجع الى ما يجري بها من ماء فوق سطح الارض ، بل فيما يتسرب من مياهها تحت السطح بمناطق الدالات المروحية ، التي نبنيها عند مغارجها من النطاقات الجبلية . ويستطيع الانسان أن يحصل على هذه المياه المتسربة من خلال الآبار التي يحفرها بتلك الدالات للحصول على الماء الجوفي العذب ، لاستخدامه في الزراعة بحقوله وحدائقه ، أو للشرب بمدنه وقراه . هذا ينقلنا بالتالي لمناقشة الجزء المستتر من الغلاف المائي تحت سطح الارض ونعني بذلك المياه الباطنية .

المياه الباطنية :

ينبغي أن نشير هنا الى أن دورة المياه التي تبدأ من المحيط وتتم بعيدا عنه لتعود اليه مرة أخرى في نهاية مطافها ، تساعد على تسرب بعض الماء خلال حبيبات التربة وشقوق الصخر فيستقر في باطن الارض ، ويسري ببطء فيها متجها الى البحر حيث ينصرف .

فالمياه التي تزال من المحيط بواسطة التبخر تعود اليه بأحد طريقتين : الاولى سطحي وهو الاغلب ، أي بواسطة الانهار التي تنصرف الى البحار . أما الطريق الآخر فهو أبطأ ، أي عن طريق الرشع خلال الطبقات المسامية الخارجية من القشرة الارضية ومنها الى البحر ، فالمياه الجوفية اذن هي القسم المستتر من رحلة المياه في الدورة الهيدرولوجية العامة ، وكثيرا ما تخرج هذه المياه الى السطح تحت ضغط هائل على شكل ينابيع أو عيون تنساب مياهها تلقائيا ، وتعرف باسم الآبار الارتوازية ، وأحيانا يمكن الحصول على هذا الماء بواسطة انزال الآبار الى الطبقات الحاملة له ، وهذا يتطلب رفعا بواسطة وسائل الرفع المختلفة .

وللمياه الجوفية استخدامات شتى ، فبعض الميون المعدنية كالميون الكبريتية في حلوان ، وبعض الينابيع الحارة كالحة الاردنية والسورية كلها ذات مياه لها قيمة في الاستشفاء من بعض الامراض ، ولبعض

الاحواض الارتوازية كحوض لندن والحوض الارتوازي العظيم باستراليا، أهمية في الحصول على ماء الشرب في مدينة لندن ، وسقيا الماشية في استراليا ، وجميع الواحات في الصحارى تستمد حياتها الزراعية ، ويقوم اقتصادها على ما تحت أراضيها من مخازن للماء الجوفي .

استخدام الماء :

١ - الاستعمال اليومي :

يندر أن يقدر سكان المدن ممن يحصلون على الماء في يسر بمجرد ادارة يد الصنبور أهمية هذا العنصر الحيوي الا اذا انقطعت المياه لسبب طارئ، وربما كان سكان الريف الذين يضطرون لجلب الماء من الانهار أو القنوات ، ويحملونه مسافات بعيدة الى مساكنهم وقراهم ، أكثر وعيا وتقديرا لقيمة هذا العنصر الحيوي للمعيشة. وحتما فان سكان الصحارى، والمناطق شبه الجافة أيضا ، من الذين يرفعون الماء من آبار عميقة في باطن الارض ، هم أكثر سكان الارض قاطبة اهتماما وانشغالا بالماء ومصادره ، وكيفية الحصول عليه ، والمحافظة على موارده ، واختزانه كأثمن سلعة .

ويقدر أن الشخص الواحد من سكان المناطق الريفية يستهلك يوميا ما يتراوح بين ١٠ و ٥٠ جالونا ، ولا يدخل في هذا القدر بطبيعة الحال ما يستهلك الحيوان بالمناطق الريفية في الشرب ، وقد قدر أن معدل استهلاك الرأس الواحد من الحيوان نحو ١٥ جالون يوميا . أما في المدن فان كمية الاستهلاك اليومي من المياه يرتفع معدلها كثيرا بالنسبة للشخص ، ليصل الى ١٠٠ جالون ، وهذا الرقم يعطينا فكرة عن كميات المياه الهائلة التي تتطلبها المدن المليونية الكبرى ، خاصة اذا كانت تستورد الماء من مصادر بعيدة كمدينة لوس أنجلوس في جنوب كاليفورنيا ، حيث تنقل اليها المياه في أنابيب عبر مناطق وعرة مسافة ٨٠ كيلو مترا ، أما من نهر كولورادو أو من جبال سيرا نيفادا . نفس الشيء ينطبق على بعض مدننا

كعبان والقدس ، ولو أن مصدر الماء لهاتين المدينتين ليس من البعد بالقدر الذي أوضحنا بالنسبة للوس أنجلوس . أما المدن الواقعة على قنوات نهريّة رئيسية ، سواء بمناطق جافة أو رطبة ، فإنها لا تعاني من هذه المشكلة ، كالحال بالنسبة للقاهرة وبغداد .

٢ - الاستخدام الصناعي :

الصناعة مستهلك كبير للماء ، خاصة بمراكزها الكبرى ، حيث تدخل المياه في استخدامات شتى ، كالترديد ، ومثال ذلك صناعة الحديد والصلب . أو عندما يدخل الماء في القسيل ، كالحال في صناعة الأصباغ والمنسوجات ، أو إذا كان الماء هو المادة الخام كصناعة المشروبات والأغذية ، أو كمصدر لتوليد البخار في الغلايات ، وغير ذلك من الأغراض . وللدلالة على ذلك نضرب مثلا بمدينة شيكاغو التي تستهلك يوميا ما يقرب من ١٧ مليون جالون في الصناعة وحدها ، ويقدر أن صناعة طن واحد من الفولاذ تتطلب ٦٥ ألف جالون من الماء ، لهذا شرعت بعض المراكز الصناعية في استخدام مياه البحر المالحة ، بعد خلطها بمياه المجاري المرشحة ، في أغراض التبريد بالمصانع التي تتطلب قدرا كبيرا من الماء لهذا الغرض .

٣ - الري :

كثير من بقاع الجهات الجافة بيئات صحية لميشة الانسان ، فالارض يمثل هذه البقاع يمكن أن تفل محصولا وفيرا متى توافر الماء للري . هذه الحقيقة التي ندركها جيدا نحن سكان المناطق الجافة من العالم ، يكاد لا يحسها معظم السكان بكثير من جهات قارة أوروبا ، حيث الامطار كافية لقيام الزراعة . ولذا أخفق المستعمرون الذين استوطنوا مبكرا بعض جهات غرب أمريكا الشمالية في زراعة مساحات واسعة ، حتى تعلموا وسائل ري الارض من جيرانهم المستعمرين الاسبان ، الذين نقلوا هذه

الوسائل بدورهم عن العرب ، بعد اتصالهم بهم في الاندلس وشمال غرب أفريقيا .

فالارض التي لا يسقط ماؤها من السماء ، يمكن في بعض الاحيان توصيله اليها من نهر نام ، كما يمكن أن يرفع اليها من باطنها . وحاجة العالم المتزايدة الى الغذاء اذا كانت تقدر بعدد معين من ملايين الاطنان من القمح والأرز والذرة وغيرها ، فانها يمكن أن تترجم الى عدد معين من بلايين الامتار المكعبة من الماء المذهب للري ، فالارض اذن موفورة ، والمناخ من حيث الحرارة وسطوع الشمس مناسب ، والتربة موجودة ، ولكن الماء هو المشكلة . اراضي مصر كلها ومعظم العراق والدول العربية وجنوب كاليفورنيا وشمال السودان ومساحات واسعة بجنوب غرب استراليا وباكستان الغربية وغيرها كثير ، كلها تعتمد على الري . ولكن ينبغي أن نشير هنا الى أن الري لم يعد قاصرا على الجهات الجافة وشبه الجافة فحسب ، بل حتى في المناطق الرطبة يستخدم الري في نطاقات واسعة من الاراضي الزراعية حول المدن الكبرى ، حيث يساعد ذلك على سرعة نضوج ووفرة المحصولات من الخضروات التي تستهلك بالمدن ، ويقدر أن نحو ٤٠٪ من كمية المياه المستعملة بالولايات المتحدة الامريكية تستهلك الآن في ري الارض .

٤ - مصدر الطاقة :

الجهات التي اقتضت الى الفحم ، عماد النهضة الصناعية منذ الثورة الصناعية ، استطاعت الاستعاضة عنه بما يسمى عادة بالفحم الابيض ، ويقصد بذلك الطاقة الكهربائية ، التي يمكن توليدها من سقوط المياه . مثال ذلك صناعات شمال ايطاليا وسويسرا والسويد . كذلك كان توافر هذا المصدر للطاقة بالمناطق التي توجد بها الغابات المخروطية عاملا أساسيا في نشأة الصناعات المتعلقة بنشر الاخشاب وصناعة لب الورق منها ، هذا ينطبق على كندا والنرويج وشمال روسيا ، فالانهار الجارية يمكن أن

تكون شرايين للطاقة كما هي شرايين للحياة والمواصلات ، وذلك اذا أحسن اقامة مشروعات الخدمة في المواقع المناسبة من مجاريها ، حيث تقع محطات توليد الطاقة التي يسهل بعد ذلك توصيلها الى مراكز استهلاكها . وقد عرف الانسان قوة سقوط الماء منذ عصور مبكرة ، حين استخدم قوة السقوط في ادارة طواحين الغلال ، ولكن التوسع الحقيقي في استخدام هذه القوة لم يبدأ سوى بعد امكان تحويلها الى كهرباء سهلة التوصيل .

٥ - مصدر للغذاء والغابات :

الغلاف المائي للارض مصدر لغذاء الانسان بفضل ما ينتجه من أسماك وأعشاب بحرية وكائنات مائية أخرى . وهناك اعتقاد سائد لدى الكثيرين أن البحار والمحيطات سوف تصبح مصدرا متزايدا لاهمية في امداد البشر بالغذاء ، في الوقت الذي ترهق فيه مواردها الارضية ، من استمرار استنزافها . وقد أشرنا من قبل الى أهمية مياه البحار في هذا وفي نواحي أخرى ، خاصة باستخراج الاملاح والمعادن ، فضلا عن ذلك هناك خامات حيوانية كثيرة كاللؤلؤ والاسفنج وزيتون الحيتان وجلود وفراء الفقمه ، وكلها خامات من خيرات البحر .

فضلا عما سبق أشرنا أيضا الى أهمية المحيطات والبحار كوسط سهل لنقل الانسان وخاماته على أديمه ، ولا تقل الانهار والبحيرات عن البحار أهمية في هذا المضمار ، بل ان لبعض الانهار من كبر الأبعاد ما يمكن السفن المحيطية من الوصول مئات الكيلومترات داخل القارات ، كالحال في نهر الأمازون وسنت لورنس . وأخيرا ينبغي أن نشير الى قيمة الغلاف المائي في الترويح والترفيه ، فشواطئ البحار والبحيرات مقصد ملايين البشر ممن ينتعمون الراحة والاستجمام .

الفصل الثامن

المسوخ

المناخ أحد الضوابط الهامة التي ينعكس أثرها مباشرة على حياة الانسان ، سواء فيما يأكل أو يرتدي أو يسكن ، وعلى الرغم من أن خضوع الانسان لعناصر الجو يقل في المجتمعات البشرية المتقدمة حضاريا ، الا أن هذا لا يعني التحرر تماما من سلطانه ، فأنواع الانتاج الزراعي والحيواني والنباتات الطبيعية ، كلها من صنع المناخ في المقام الاول ، بالاشتراك مع عدد من العناصر الطبيعية الاخرى ، ولكي نوضح ذلك أكثر يكفي أن نذكر بأنه على الرغم من التقدم التقني في مجالات العلوم الطبيعية والتطبيقية ، فإن مساحات شاسعة من سطح الارض بالصحرى المدارية والقطبية ، كذلك مناطق الغابات الاستوائية ، ما زالت كلها نادرة السكان ، بسبب قلة ملائمة ظروف المناخ للحياة البشرية أو الانتاج ، وحتى اليوم - ليس في مجال الزراعة فحسب - بل في نواحي النشاط التجاري والعسكري أيضا ، ما زالت لظروف الطقس آثار على ممارسة هذه النشاطات كما كان الامر منذ قرون خلت .

هناك فرق بين تعبيرين رئيسيين هما الطقس والمناخ ، فالطقس weather هو حالة الغلاف الهوائي في بقعة ما خلال فترة زمنية قصيرة ، أما المناخ climate معدل حالات الطقس على طول فترة زمنية طويلة ،

مداها شهور أو فصول من السنة ، فيقال حالة الطقس في هذه البقعة اليوم ولكن يقال حالة المناخ في نفس البقعة صيفا أو شتاء .

حـ الغلاف الهوائي : atmosphere

الغلاف الهوائي عبارة عن خليط من الغازات ، التي تحيط الكرة الأرضية لمسافة كيلومترات عديدة ، تشمل جاذبية الأرض على الإبقاء عليه ، وعدم تبده في فضاء الكون ، وكالعال في تخلخل كثافة المواد المكونة لجسم الأرض من مركزها نحو الأطراف ، يتخلخل الغلاف الهوائي بالبعد عن سطح الأرض ، فأكثف الطبقات الهوائية توجد على مستوى سطح البحر ، وتتناقص الكثافة مريعا بالابتعاد عنه رأسيا ، لدرجة أن نحو ٩٧٪ من وزن الغلاف الغازي للأرض يشغل حيزا لا يزيد على ٣٠ كيلومترا فوق سطح البحر .

الهواء النقي الجاف مادة لا لون لها ولا رائحة ، تتألف في معظمها من غاز النيتروجين بنسبة ٧٨٪ ، مع ٢١٪ من الحجم أكسجين ، أما الواحد في المائة المتبقية فتشتمل على العديد من الغازات ، من بينها ثاني أكسيد الكربون بنسبة ٠.٣٪ ، وهو على الرغم من قلة حجمه إلا أنه بالغ الأهمية بسبب قدرته على امتصاص الأشعة الحرارية الآتية من الشمس والأرض ، وبفضله تحتفظ الأرض حول جسمها بنطاق حراري ملائم ، وفي غضون الخمسين كيلومترا السفلى من الغلاف الغازي ، تمتزج هذه الغازات مكونة الهواء ، الذي يتميز بخصائص طبيعية معينة ، بحيث يبدو كأنه غاز واحد .

ويحتوي الهواء على نسبة من غاز بخار الماء ، وهو عديم اللون والرائحة أيضا ، ويختلط جيدا مع العناصر الأخرى للهواء ، ويطلق على درجة تواجد هذا الغاز الهام بالهواء تعبير الرطوبة humidity ، والبخار على الرغم من قلته نسبيا أيضا ، إلا أنه أحد المركبات الفعالة في الغلاف الغازي ، فهو حين يتكاثف يكون السحب والضباب ، فإذا زاد التكاثف عن

حد معين تكونت قطرات المطر وبللورات الثلج وكرات البرد فيما يعرف باسم التساقط . وحيثما تقل نسبة البخار في الهواء تسود ظروف صحراوية قاسية ، وبالإضافة الى كونه عنصرا هاما للحياة على وجه الأرض ، فإن بخار الماء في الهواء يلعب دورا مشابها لدور ثاني أكسيد الكربون ، باعتباراه أحد المركبات القابلة على امتصاص موجات الاشعاع الحراري التي تخترق الغلاف الغازي من مصدرها الشمسي ، وهو فضلا عن هذا يضرب نطاقا عازلا حول الكرة الأرضية يسمح بمرور الأشعة الشمسية ، ويمنع تسرب الطاقة الحرارية من سطح الأرض الى الفضاء بسرعة .

بالإضافة الى ما سبق يشتمل الغلاف الغازي على جسيمات صغيرة من الغبار ، ترى سابحة في الهواء بالملايين عند دخول شعاع ضوئي غرفة معتمة ، هذه الجسيمات من الصفر وخفة الوزن بدرجة تمكنها من البقاء عالقة بالهواء . أما مصادرها فتتعدد ، منها ما تحمله الرياح من السهول الصحراوية الجافة ، ورواسب البحيرات القديمة ، والشواطئ الرملية ، ومنها ما ينبعث مع مقذوفات البراكين المتفجرة ، كما أن بعضها ما هو الاحبيبات وبللورات ملحية دقيقة ، حملها الهواء من رشاش الامواج عبر البحار والمحيطات ، كذلك فإن أحد مصادر هذه الغبار ما يعرف بالغبار الكوني ، الذي ينتج عن توهج الشهب والنيازك حينما تحتك بالطبقات العليا من الغلاف الغازي .

وللغبار بالهواء آثار واضحة ، لعل أبرزها وان لم يكن أهمها حدوث الشفق بأضوائه الارجوانية عند الشروق والغروب ، ولكن أهم من ذلك بكثير هو أنه يعكس أشعة الشمس فيبدو ضوءها متيرا للالاق ، وبالنسبة للمناخ فإن بعض أنواع جسيمات الغبار تتميز بالقدرة على تجميع الرطوبة حولها ، مكونة بذلك ما يشبه النوايا التي تسبب التكاثر ، وتمهد لظهور السحب ، وتبدو هذه الظاهرة بوضوح أشد في سموات المدن الصناعية بصفة خاصة ، حيث تنطلق من مداخل المصانع أنواع من الغبار ،

من مواد كيميائية تجمع الرطوبة في قطرات مجهرية ، متى تكاثفت تعطي الجو لونا أزرقا مغبرا على البعد .

عناصر الطقس والمناخ :

العناصر الاربعة الرئيسية للطقس هي :

- ١ - حرارة الهواء .
- ٢ - الضغط الجوي .
- ٣ - الرياح من حيث سرعتها واتجاهاتها .
- ٤ - الرطوبة الجوية .

وجميع هذه العناصر يمكن قياسها ، ومن مجموعها يمكن اعطاء صورة وصفية متكاملة عن حالة الطقس ، أما المناخ فيتألف أيضا من هذه العناصر الاربعة ، ولكن على شكل معدلات لفترات زمنية طويلة ، تمكن من الخروج بقواعد عامة عن الاحوال السائدة .

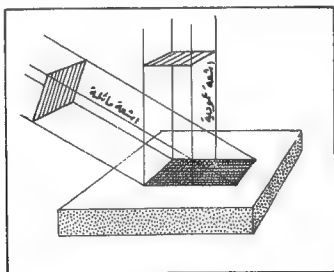
الحرارة

الاشعاع : Insolation

يستمد سطح الارض وغلافها الهوائي الحرارة من الشمس بواسطة الاشعة ، التي تحمل اليهما الطاقة على شكل موجات مختلفة الاطوال spectrum ، ولكنها جميعا تسافر بمعدل ١٨٦ ألف ميل في الثانية . وتتساوى كمية الطاقة الشمسية الواصلة الى أطراف الغلاف الغازي العليا ، وتتجانس في توزيعها على بقاعه جميعا ، وهي بمعدل $calories$ حراريين على السنتيمتر المربع الواحد من السطح الذي يتلقى أشعة عمودية في الدقيقة الواحدة ، وعندما تدخل الاشعة الشمسية النطاق الخارجي من الغلاف الغازي ، فانه يمتص ما بها من الاشعة السينية ،

وأشعة جاما gamma ، وغيرها من الموجات الاشعاعية القصيرة ، المعروفة باسم الاشعة فوق البنفسجية ، وعندما تصل الاشعة في مسارها خلال الغلاف الهوائي ارتفاعا يتراوح بين ٢٠ و ٥٠ كيلومترا من سطح الارض ، فان معظم ما تبقى من الاشعة فوق البنفسجية تمتصه جزئيات الأوزون ozone ، وهي جزئيات خاصة من غاز الاوكسجين ، تتكاثر بشكل غير عادي في ذلك النطاق ، ومن ثم فانه لا ينفذ الى ما دون ذلك سوى الاشعة الطويلة الموجات ، والطاقة الضوئية ، وهي على وجه التقريب تعادل نحو نصف الطاقة الاصلية الواصلة الى أطراف الغلاف الهوائي .

ويتحكم في توزيع الطاقة الحرارية الواصلة الى سطح الارض عاملان هما زاوية التقاء الاشعة المنبعثة من الشمس مع سطح الارض ، ثم طول المدة التي تبقى فيها الشمس فوق الافق ، أي طول النهار . أما من حيث العامل الاول فنلاحظ أن الحزمة من الاشعة المتوازية متى سقطت بزاوية ميل على السطح ، فانها تخترق حيزا أطول قبل أن تصل من مصدرها اليه ، ومتى وصلته انتشرت على مساحة أكبر ، بعكس الاشعة العمودية التي تخترق مسافة أقصر ، وتسخن مساحة أضيق (شكل ٥٩) . وإذا



شكل (٥٩)
الاشعة المائلة والاشعة العمودية وأثرها في تسخين سطح الارض

طبقنا هذا على سطح الارض لوجدنا أن الجهات الاستوائية التي تتلقى أشعة قريبة من العمودية على مدار السنة ، هي أعلى بقاع سطح الارض حرارة ، أما الجهات القطبية التي تتلقى أشعة مائلة فانها أقل البقاع حظا من

أما العامل الثاني فيبدو أثره واضحا في اختلاف طول النهار تبعاً لفصول السنة ، فحرارة الصيف فضلا عن أنها نتيجة لوصول أشعة قليلة الميل ، لتعود الى طول النهار ، أي مدة ظهور الشمس فوق الافق ، وبنام على هذا فانه من الناحية النظرية ، يمكن القول بأن الجهات الواقعة على درجات عرض واحدة ، تكتسب كميات متساوية من الطاقة الحرارية .

كيف يكتسب الهواء حرارته :

يتم تسخين الهواء بفضل الطاقة الشمسية من خلال عمليات معقدة ، وبطريقة غير مباشرة ، بعكس ما قد يتبادر الى الذهن للوهلة الاولى ، فالاشعة التي تصل الى الطبقات السفلى من الهواء ، لا تنجح كلها في الوصول الى سطح الارض لسببين : الاول هو انكسار هذه الاشعة ، وتبدد الكثير منها بمرورها بين جزئيات الغاز والغبار والبخار وقطرات الماء في السحب والضباب ، وبالتالي فان نحو ٣٥٪ من جملة الاشعة التي تدخل هذا النطاق ، تضيع بواسطة الانعكاس والتبدد في الفضاء . أما السبب الثاني فهو أن الغلاف الغازي يمتص نحو ١٩٪ من الطاقة الاشعاعية المارة به مباشرة ، بفضل وجود غازي ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ، ولذا فان نحو ٤٦٪ فقط من الطاقة الاشعاعية يصل الى سطح الارض ، ولكن هذا الرقم عبارة عن معدل ، وغالبا ما يختلف الامر من موضع لآخر ، حسب درجات العرض والفصول ، وحسب كمية بخار الماء في الهواء أو السحب ، ففي الايام الغائمة أو العالية الرطوبة يكون الفاقد بالانعكاس والتبدد أعظم ، بعكس الايام الصافية الجافة . جزء من الطاقة الشمسية التي تصل سطح الارض ينعكس مرة أخرى الى الهواء ، ويقدر هذا الجزء

بنحو ١٠٪ ، وما يتبقى بعد ذلك يسخن سطح الأرض لعمق قليل ، سواء كان هذا السطح ماء أم أرضا يابسة .

خلاصة القول فإن تسخين الهواء يتم بوسيلتين هما الامتصاص المباشر لأشعة الشمس ، التي تخترق الهواء في طريقها من الشمس الى الأرض ، أما المصدر الأهم فهو الاشعاع الأرضي ، وذلك بعد أن يسخن السطح الذي يمرر جزءا من حرارته بعد ذلك للهواء . ويختلف الاشعاع الأرضي في كميته تبعا لطبيعة السطح ، فالماء أو الجليد يعكسان الاشعة أكثر من الصخور أو الاسطح المغطاة بالنبات ، وحينما تصل هذه الاشعة المنعكسة للهواء ، فإنه يفقد بدوره جزءا منها الى الفضاء في عملية تختلف عن طبيعة الانعكاس ، ويستمر هذا الفقدان من جانب الأرض والهواء أثناء الليل ، حين تغيب الشمس مصدر الحرارة ، وكلما صفت السماء ، وقلت كمية الغبار بالهواء كان الفاقد أعظم ، وهذا يفسر لنا شدة برودة بعض ليالي الشتاء ، حينما تصفو السماء ، فيتكون الصقيع نحو نهاية الليل .

ويتم تسخين الهواء عن طريق الاشعاع الأرضي بالوسائل التالية :

أ - بطريقة التوصيل conduction ، وذلك حين يتلامس جسمان يختلفان في درجة حرارتهما ، فإن الحرارة تنتقل من الجسم الأعلى حرارة الى الجسم الآخر .

ب - بواسطة تيارات الحمل أو التصعيد convection ، فالهواء الملامس لسطح الأرض عندما يكتسب حرارتها فيسخن ، ويخف وزنه ، يصعد الى أعلى ، ليحل محل هواء بارد أثقل ، وأثناء صعود التيار الساخن يفقد حرارته للوسط الهوائي الذي يمر به فيبرد ، ليعود فيهبط ، وهكذا تنتشر الحرارة من سطح الأرض رأسيا خلال كتل الهواء التي تتحرك فتحملها الى طبقات أعلى .

الفرق بين اليابس والماء د

تختلف قدرة كل من اليابس والماء من حيث تقبل الطاقة الحرارية ومن

حيث فقدانها ، والقاعدة العامة هي أن السطح اليابس يسخن بسرعة تحت أشعة الشمس ، في حين يسخن سطح الماء ببطء ، ولكن من ناحية أخرى يفقد سطح اليابس حرارته بنفس السرعة ، فيبرد حين ينقطع عنه المدد من أشعة الشمس ، بينما يفقد سطح الماء حرارته في ببطء ملحوظ ، ولهذا كانت المفارقات الحرارية عظيمة المدى فوق البقاع اليابسة من سطح الأرض ، بعكس المسطحات المائية التي يضيق مداها الحراري كثيرا ، وسبب هذا التباين هو أن الماء جسم شفاف يسمح بنفاذ الأشعة خلال حين واسع منه ، وبالتالي تتوزع طاقتها ، أما سطح اليابس فليست له هذه النفاذية ، ولذا تتركز الطاقة الواصلة إليه في حين محدود ، فترتفع حرارته بالقياس للماء . ومن ناحية أخرى فإن طبيعة الماء كسائل ، وما به من حركة التيارات والأمواج ، تعمل على نشر الطاقة الحرارية في كتل هائلة من الماء ، بعكس سطح اليابس المستقر ، كذلك فالماء متى سخن ، زادت مرعة عملية التبخير ، التي تستمد الطاقة اللازمة من السطح ، فتعمل على تبريده ، وهذا ما لا يتعرض له سطح اليابس الا متى بلل بالماء . وأخيرا فإن ما يلزم مسطحا مائيا ما ، لكي يسخن بمقدار درجة مئوية واحدة ، يعادل خمسة أمثال الطاقة اللازمة لتسخين نفس المسطح من الأرض اليابسة ، ولذا فإنه لو سلط مصدران حراريان متساويان في القوة على مسطحين من ماء ويابس ، يسخن اليابس بسرعة قبل أن يتأثر الماء بالحرارة .

على النقيض من ذلك ، يفقد اليابس حرارته بسرعة أثناء الليل ، أو في فصل الحرارة الصغرى ، في حين يفقد الماء حرارته المكتسبة في كلتا الحالتين ببطء ، ولذا كانت المناطق القارية النائية عن البحار عرضة للتباين في حرارتها بين الليل والنهار، وبين الصيف والشتاء ، بينما تتميز المسطحات المائية والجهات الساحلية بالاتزان وضيق المفارقات .

قياس الحرارة :

تقاس الحرارة وغيرها من عناصر الطقس في محطات أرصاد خاصة ،

في نقط مختارة ، معروف منسوبها وموقعها الفلكي بدقة ، وتجهز كل محطة بغرفة خشبية صغيرة ، على شكل صندوق مغطى ، به فتحات يمر منها الهواء ، ولكن لا تدخل منها أشعة الشمس مباشرة لتسقط على الاجهزة المستخدمة ، وهي عادة تتألف من مجموعة من الترمومترات ، زوج منها يستخدم لقياس درجات الحرارة المظلمة والصغرى ، وآخر آلي يسجل درجات الحرارة في جميع الاوقات ، والترمومتر في أبسط صورة عبارة عن أنبوبة زجاجية ، ينتهي أحد طرفيها بانتفاخ كروي على شكل مستودع ، يوضع بداخله زئبق والطرف الآخر منقلق ولما كان الزئبق - شانه في ذلك شأن السوائل الاخرى - يتمدد بالحرارة وينكمش بانخفاضها ، فان ارتفاع الزئبق في أنبوبة الترمومتر فوق الانتفاخ يحدد درجة حرارة الجسم الملامص للمستودع كالهواء أو جسم الانسان أو أي جسم آخر سائل أو صلب .

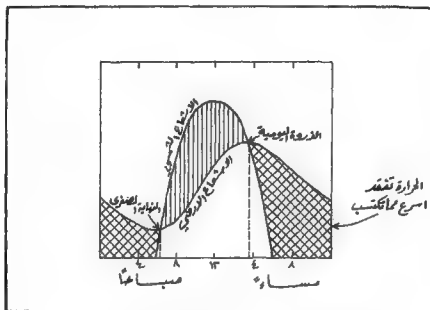
وفي الترمومتر المثوي درجة تجمد الماء النقي صفر ، ودرجة غليانه ١٠٠ م عند مستوى سطح البحر ، أما بالنسبة للترمومتر الفهرنهيته Fahrenheit فالدرجتين المناظرتين هما ٣٢ ، ٢١٢ ف على التوالي . وقد يستخدم الكحول بدلا من الزئبق في بعض الترمومترات المستخدمة بمناطق شديدة البرودة ، تجنباً لاحتمال تجمد الزئبق عند درجة - ٣٨,٧ ف أو - ٣٩,٢ م ، بينما يتجمد الكحول في درجات حرارة دون ذلك بكثير .

وتسجل درجات الحرارة في الظل ، وينبغي أن يراعى وضع المحطة في مكان بعيد عن المباني حتى لا تتأثر الاجهزة بالحرارة المنعكسة منها ، وحتى يسمح بمرور الهواء مرورا حرا ، اذ أن درجة الحرارة التي تقاس هي حرارة الهواء في الظل ، وليست أشعة الشمس .

: اللدورة الحرارية اليومية : Daily cycle of air temperature :

لو أننا سجلنا درجات الحرارة التي يعينها ترمومتر عادي للهواء مرة كل ساعة أو نصف ساعة خلال ٢٤ ساعة ، ووقعنا ذلك على ورقة بيانية ،

لكانت النتيجة منحنى بياني عادي ، يبدأ من نقطة معينة ، ويرتفع الى ذروة ، ثم يعود الى نقطة البداية أو قريبا منها (شكل ٦٠) . ولكن أهم



شكل (٦٠) الدورة اليومية للحرارة

ما يلاحظ أن هذا المنحنى سوف يفترق عن المنحنى الذي يحدد كمية الطاقة الصادرة من الشمس الى البقعة التي يجري عندها القياس ، فابتداء من لحظة الشروق تتزايد كمية الاشعاع الشمسي تدريجيا حتى تبلغ الذروة عند الظهر تماما ، حينما تكون الأشعة الصادرة عن الشمس عمودية ، أو أقل ميلا عن أي وقت آخر خلال اليوم . وبعد الزوال مباشرة يتضاءل الاشعاع تدريجيا حتى يعود الى أدنى نقطة لحظة الغروب ، أما منحنى الحرارة اليومي للهواء فإنه سوف يرتبط بحالة التوازن بين الوارد من الأشعة الى الارض ، وما يصدر عنها من الطاقة الى الهواء بعد ذلك .

فمنذ شروق الشمس حتى الساعة الثانية بعد الظهر تقريبا ، يكون الوارد أكثر من الصادر ، وبالتالي ترتفع درجة الحرارة تدريجيا تبعاً

لذلك ، ولا تتوافق الذروتان اذ أن ذروة الطاقة الصادرة عن الارض تتأخر ساعتين أو نحو ذلك بعد مرور ذروة الاشعاع الشمسي وقت الزوال ، والسبب في هذا يعود الى أن الارض لا تعطي طاقتها المظلمى الا بعد أن تكون قد تلقت هذه الطاقة من الشمس عند الظهر ، وبعد الساعة الثانية أو الثالثة مساء ، وحتى شروق شمس اليوم التالي ، تكون كمية الأشعة القادمة من الشمس أقل من كمية الأشعة الصادرة عن الارض ، وبالتالي يهبط المنحنى بسرعة ، خاصة بعد الغروب ، فتصل الحرارة حدها الأدنى قبيل شروق الشمس .

الدورة الحارارية السنوية Annual cycle :

للحصول على بيانات احصائية عن درجات الحرارة لفترة أطول من اليوم الواحد ، يؤخذ ما يعرف باسم المعدل الحاراري لليوم الواحد ، ثم تجمع هذه المعدلات للفترة الزمنية المطلوبة ، ثم يستخرج معدلها . أما المعدل اليومي فهو عادة مجموع القراءات اليومية مقسوما على عددها ، فإذا أخذ هذا المعدل على مدار أيام السنة ، ثم استخرج معدل العدد من السنين ، ووقعت النتائج على ورقة بيانية لحصلنا أيضا على منحنى حاراري سنوي يشبه الى حد كبير المنحنى اليومي ، فالذروة تقع في أحر شهور السنة ، أي عندما تكون كمية الاشعاع الشمسي الواصلة الى الارض في أوجها ، وينخفض المنحنى على كلا جانبي الذروة ، ولكن في الواقع كثيرا ما تتأخر الذروة شهرا أو نحو ذلك عن ذروة طاقة الاشعاع ، على نحو ما تأخرت الذروة بالنسبة للمنحنى اليومي عن ساعة الزوال ، كما قد تتأخر النهاية الصغرى قليلا عن موعد المستوى الأدنى لطاقة الاشعاع على نفس النسق ، لان الارض تكون ما زالت تصدر طاقتها وتفقدتها لفترة أخرى ، حتى بعد أن تأخذ الطاقة الواردة اليها في التزايد .

هذا بالنسبة لمناطق اليابس ، أما فيما يختص بالمسطحات المائية ، فإن النهايتين الصغرى والكبرى تتأخران شهرا آخر عن المناطق اليابسة المناظرة ، بسبب بطء الماء في اكتساب الحرارة وفقدانها ، على نحو ما

ذكرنا سابقا . وكذلك الفرق بين النهايتين على الماء أقل منه على البر ،
ولهذه الظاهرة انعكاساتها على المناطق الساحلية ، التي تكون في وضع
وسط بين اليابس القاري الداخلي المتطرف ، وبين المسطحات المائية
المعتدلة .

التوزيع العمودي لحرارة الهواء :

من المعروف أن اعتدال الحرارة على المرتفعات صيفا هو السر في
وجود العديد من المصايف الجبلية كالحال في جبال لبنان ، كذلك وجود
الثلوج الدائمة على كثير من القمم الجبلية الشاهقة حتى بالمعرض
الاستوائي ، كل هذه أدلة على انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع من
سطح البحر ليست بحاجة الى الدعم بالتجارب والقياسات .

ولكن ما يحتاج الى قياس هو معدل الهبوط في درجات الحرارة
بالصعود ، وقد ثبت أن هذا المعدل يتراوح كثيرا ، ولكنه في المتوسط
نحو $3\frac{1}{4}$ ف لكل ١٠٠٠ قدم ، أو درجة مئوية واحدة لكل ١٥٠ مترا . وفي
المعرض الوسطى وجد أن هذا المعدل يظل يؤثر على هبوط الحرارة
حتى منسوب عشرة آلاف متر ، ولكن درجة الحرارة فوق هذا المنسوب
تظل ثابتة ولا تتأثر بالارتفاع فوقه بعد ذلك ويطلق على المستوى الذي
تحدث عنده هذه الظاهرة اسم التروبوز tropopause ، وهو يفصل بين
نطاقي هامين من الغلاف الغازي ، هما الطبقة السفلى الكثيفة المعروفة
بالتروبوسفير troposphere وطبقة الستراتوسفير stratosphere ، حيث يندر
وجود بخار الماء أو جسيمات الغبار ، ومن ثم تخلو هذه الطبقة من
السحب ، كما أنها ليست مصدرا للتساقط .

ويبلغ ارتفاع مستوى التروبوز ذروته حول النطاق الاستوائي من
الأرض حيث يصل ١٦,٨ كيلومترا ، ولكنه ينزل الى ٤٥٠٠ متر فقط عند
القطبين ، ويبدأ التغير ما بين خطي عرض ٣٥ ، ٤٥ ، ولهذا فالطيران
خلال نطاق الستراتوسفير أسهل بالمعرض العليا والقطبية منه بالمعرض

الدنيا ، حيث يوجد ذلك النطاق على ارتفاع كبير ، ويفضل الطيران عبره لخلوه من السحب وتجانسه .

المهم أن انغفاض درجة الحرارة بالبعد عن سطح البحر يدل على أن الأرض هي المصدر الرئيسي لحرارة الهواء فوقها ، وأن أشعة الشمس ، ولو أنها تسخن طبقات الهواء العليا بطريق مباشر أثناء مرورها خلالها في طريقها الى سطح الأرض ، إلا أن مقدرة الهواء المتخلخل في الطبقات العليا من الغلاف الغازي على امتصاص الطاقة الحرارية ضئيلة ، وبالعكس نجد أن الطبقات السفلى لها مقدرة كبيرة على امتصاص الحرارة واحتزانها ، بسبب كثرة نسبة بخار الماء والغبار وثاني أكسيد الكربون ، غير أن لهذه القاعدة العامة بعض نواحي الشذوذ ، وذلك حينما ترتفع درجة الحرارة في حالات خاصة بالابتعاد عن سطح البحر ، أي بالارتفاع .

ويطلق على الحالة الأخيرة اسم الانقلاب الحراري temp. inversion الذي قد يحدث بالقرب من سطح الأرض ، أو في طبقات الجو العليا . ففي الطبقات الدنيا ، يرجع الانقلاب الى سرعة فقدان سطح الأرض حرارته أثناء الليل بواسطة الاشعاع ، وبالتالي تبرد طبقات الهواء السفلى الملامسة له ، وتنتشر هذه الظاهرة على وجه الخصوص في فصل الشتاء ، حين يطول الليل ، خاصة إذا كان الجو صحوًا والهواء هادئًا . وقد لوحظ في برج ايفل أن هناك تزايدًا في الحرارة مع الارتفاع على مدار السنة ، وذلك فيما بين منتصف الليل والساعة الرابعة صباحًا ، كما أنه في المناطق التي يغطيها الجليد السطح ، تحدث ظاهرة الانقلاب بوضوح ، فمن المعروف أن الجليد موصل رديء للحرارة ، وهو فضلًا عن ذلك يعكس قدرًا كبيرًا من الأشعة أثناء النهار ، وفي الليل ، لا يصل من حرارة سطح الأرض تحته للهواء الملامس شيئًا بسبب عزله لها ، وبالتالي تشتد برودة الطبقات الهوائية الملامسة له ولذا تنخفض درجات الحرارة كثيرًا بمناطق شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية شتاء نتيجة لهذه الظاهرة .

الربيع المبكر والخريف ، يسبب حدوث ظاهرة الصقيع ، حيث تنخفض ويلاحظ أن فقدان الحرارة بالطبقات السفلى على هذا النحو أثناء درجة الحرارة دون التجمد ، وقد تتكون لذلك أغشية يبيض من بللورات الثلج (الماء المتجمد) على الأسطح المكشوفة وأوراق النبات والأرض ، ولهذه الظاهرة خطورتها على المزروعات في العروض المعتدلة ، ولكنها تقل حتى تتلاشى بالعروض المدارية ، ويطلق تعبير الصقيع على درجات الحرارة متى انخفضت دون التجمد ، حتى ولو لم يتكون الغشاء الثلجي الابيض على النحو المألوف .

هناك نوع آخر من الانقلاب الحراري مرده تضرس سطح الارض ، وتفاوت مناسيبها بين مرتفعات تحصر فيما بينها أودية وأحواض منخفضة ، فالهواء عندما يبرد فوق المرتفعات ليلا ، يثقل وزنه ، وبالتالي ينزل الى أسفل ، ويتراكم في البطون والقيعان ، ليحل محله هواء دافئ من المنخفضات . ولهذا فان مثل هذه البطون والقيعان عرضة لتكون الصقيع أكثر من السفوح المحدقة بها ، ويعرف الزراع جيدا هذه الظاهرة ، ويدركون آثارها ، فتخصص السفوح للمزروعات التي تتأثر بالصقيع كالحمضيات ، في حين تزرع السهول والقيعان خضرا أو حبوبا كما أن فنادق الاستشفاء السويسرية توجد على سفوح المرتفعات ، وليست في بطون الأودية تجنبا للبرد الشديد .

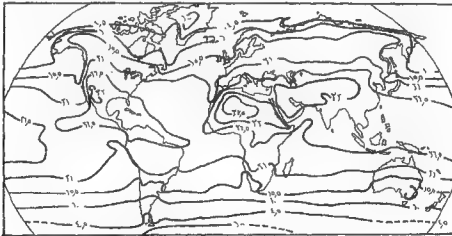
هذا عن التوزيع الزمني (اليومي والفصلي) والتوزيع الرأسي للحرارة ، أما التوزيع الأفقي حول العالم فله أنماط تتأثر بموامل متعددة .

التوزيع الجغرافي للحرارة :

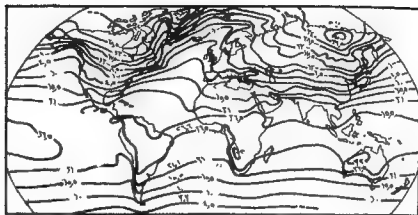
أفضل طريقة للتعبير عن التوزيع الجغرافي لحرارة الهواء فوق مساحات واسعة تتأتى برسم ما يعرف بخطوط الحرارة المتساوية Isotherms ، وهي كخطوط الكنتور في الخرائط الطبوغرافية تمر

بالأماكن ذات القيم المتساوية ، التي هي المناسب في حالة الخرائط الطبوغرافية ، ودرجات الحرارة المتساوية في خرائط توزيع الحرارة. وتعمل هذه الخرائط لفترات زمنية مختلفة ، قد تكون ليوم واحد أو لشهر أو فصل ، أو حتى للمتوسط السنوي ، أو لمعدل عشرات من السنين. وفي المعتاد يكون الفاصل بين كل خطين هـ أو ١٠ درجات أو مضاعفاتها ، والمفروض أن تمر هذه الخطوط بمحطات الارصاد التي تتفق فيها القيم ، ولكن متى تعذر ذلك وغالبا ما يحدث ، فإن الخطوط ترسم بطريقة التناسب على نحو ما هو معمول به عند رسم خطوط الكنتور ، وتعديل درجات الحرارة في المعتاد لمستوى سطح البحر تلافيا لطغيان أثر عامل التضاريس على غيره من المؤثرات في درجة الحرارة ، غير أنه في بعض الدراسات التفصيلية ، يمكن رسم خرائط الحرارة المتساوية على أساس درجات الحرارة الفعلية ، دون تعديلها لمستوى سطح البحر . وتساعد خرائط الحرارة المتساوية بصفة عامة على اعطاء صورة واضحة وسريعة عن توزيع الحرارة ، وابرار خصائصها ، بصورة أفضل من وضع عشرات من القيم الرقمية على الخريطة .

إذا تفحصنا خريطتين لتوزيع الحرارة حول العالم في شهر يناير (كانون) ويوليو (تموز) (شكل ٦١ ، ٦٢) ، برزت أمامنا الخصائص



شكل (٦١) توزيع الحرارة في يوليو



شكل (٦٢) توزيع الحرارة في يناير

العامّة التالية : أن خطوط الحرارة المتساوية تتجه بصفة عامّة حول الأرض من الشرق إلى الغرب ، وهذا أمر متوقع إذا أن العامل الرئيسي الذي يؤثر في التوزيعات الحرارية هو خط العرض ، فكل المناطق التي تقع على خط عرض واحد يصيبها نفس القدر من أشعة الشمس ، باستثناء تأثير بعض العوامل الموضعية التي قد تغير من الصورة النظرية ، ويبلغ اتجاه هذه الخطوط من الشرق إلى الغرب أوضح مظهره في نصف الكرة الجنوبي ، إلى الجنوب من خط عرض ٢٥ جنوباً ، حيث تكاد تتوازي الخطوط فوق مساحات هائلة من المسطحات المائية التي يقل بينها اليابس أما في نصف الكرة الشمالي بوجه عام ، فإن خطوط الحرارة تترنح شمالاً وجنوباً فيما بين الماء واليابس ، رغم اتجاهها العام من الشرق إلى الغرب أيضاً ، وتبدو هذه الظاهرة بوضوح أكثر في خريطة يناير (كانون الثاني) ، حين يبلغ الفرق بين حرارة اليابس والماء أشده .

أما الخاصية الثانية فهي هجرة هذه الخطوط شمالاً وجنوباً بضع درجات تبعاً لحركة الشمس الظاهرية ، ويبلغ مدى هذه الهجرة السنوية نحو عشر درجات فقط فوق المسطحات المائية الكبرى كالمحيط الهادئ ، أما فوق الكتلة اليابسة الكبرى كقارة أفريقيا ، فإن مداها يبلغ ٢٠ درجة

وتفسير هذه الظاهرة أيضا هو سرعة قابلية اليابس على اكتساب الحرارة وفقدانها بالقياس الى الماء .

يلاحظ وجود رقاع معينة من سطح الأرض تشتهر بحرارتها العالية، أو ببرودتها الشديدة ، حيث تلتف حولها خطوط دائرية أو شبه دائرية مغلقة ، وهي جميعا مناطق تقع على اليابس ، ففي يناير توجد مراكز الحرارة الشديدة بكل من جنوب أفريقيا وأستراليا ، وفي شهر يوليو توجد مثل هذه المراكز فوق شمال غرب الولايات المتحدة وشمال أفريقيا وجنوب غرب آسيا . أما بالنسبة لمراكز الحرارة المنخفضة في شهر يناير فأعظمها يقع فوق سيبيريا حيث المعدل نحو - ٥٠ ف ، كما يوجد مركز آخر مشابه فوق أقصى شمال قارة أمريكا الشمالية ، ولكنه أقل وضوحا، ربما بسبب وجود مسطحات مائية كبيرة من المحيط المتجمد الشمالي فيما بين الجزر وفيما بينها وبين اليابس القاري .

كذلك توجد مراكز برودة شديدة دائمة فوق كل من جزيرة جرينلند والقارة الجنوبية القطبية ، حيث تنطيهما أغطية الجليد المستديمة . ولكن مع هذا فدرجات الحرارة في جرينلند لا تهبط الى المدى المتطرف الذي تسجله محطات سيبيريا الشمالية في شهر يناير ، على الرغم من أن المعدل السنوي في جرينلند دونه في سيبيريا ، كذلك تتفاوت البرودة ما بين المنطقتين القطبيتين في نصفي الكرة ، إذ أن أحدهما محيط عميق ، بينما الأخرى قلب قارة عالية ، فبسبب تيارات الحمل في مياه المحيط المتجمد الشمالي تحت غطاء الجليد الذي لا يزيد سمكه عن خمسة أمتار، نجد أن معدل حرارة يناير نحو - ٣٠ ف ، أما معدل حرارة يوليو بوسط القارة القطبية الجنوبية فهو - ٧٥ ف بسبب فقدان اليابس حرارته بسرعة ، كما أن غطاء الجليد الدائم هنا يعكس الأشعة الحرارية التي تصل الى هذه الجهات صيفا ، فلا يستفاد بالقسط الأكبر منها .

للتيارات البحرية أثر واضح في الانتشاء المفاجيء لخطوط الحرارة المتساوية عند السواحل ، فالتيارات البحرية الباردة التي تمر بمحاذاة

سواحل بيرو وشمال تشيلي وكاليفورنيا وساحل جنوب غرب أفريقية تؤدي الى انثناء خطوط الحرارة المتساوية نحو خط الاستواء ، ومن ناحية أخرى نجد أن التيارات البحرية الدفيئة في العروض العليا ، تسبب انثناء خطوط الحرارة المتساوية نحو القطبين ، وهذه الحالة تظهر بوضوح على ساحل أوروبا الغربي والشمالي الغربي ، بسبب تيار المحيط الأطلنطي الدفيء ، وعلى السواحل الشرقية للولايات المتحدة وكندا ، بفعل تيار الخليج ، وعلى السواحل الشرقية لآسيا في نطاق تيار كوروسيفو .

المدى الحراري السنوي :

من خلال التوزيع الزمني للحرارة ، لاحظنا اختلاف درجات الحرارة على المدى القصير ، ونعني بذلك خلال اليوم الواحد ، فمن حد أدنى ترتفع الحرارة الى حد أعلى ، وتعود مرة أخرى للهبوط في نظام يومي رتيب ، والفرق بين أعلى درجة حرارة وأدناها خلال اليوم الواحد ، هو ما يسمى بالمدى الحراري اليومي ، وبنفس الطريقة فإن المدى الحراري السنوي هو مقدار التفاوت بين معدلات أحر شهور السنة وأبردها ، وهو بصفة عامة فرق قليل بالمناطق الاستوائية لايتعدى خمس درجات مئوية ، ولكنه فرق متزايد بالابتعاد عن العروض الاستوائية شمالا وجنوبا . ويلاحظ أن ازدياد المدى في نصف الكرة الشمالي أسرع منه في نصف الكرة الجنوبي ، بسبب اختلاف توزيع اليابس والماء بينهما ، ومن المعروف أن التناقضات الحرارية بين الفصول تضيق فوق المسطحات المائية الواسعة ، وتبرز فوق الجهات القارية ، خاصة الصحارى المدارية ، وصحارى العروض الوسطى بكل من أفريقيا ووسط آسيا واستراليا وغرب أمريكا الشمالية ، ويرجع السبب في سعة المدى هنا الى ارتفاع حرارة الصيف بشكل ملحوظ . أما بالعروض القطبية فإن المدى الحراري يعظم أيضا حيث يبلغ نحو خمسة وستون درجة مئوية في شمال آسيا ،

وخمسة وأربعون درجة مئوية في شمال أمريكا الشمالية ، ومرد ذلك انخفاض درجة حرارة فصل الشتاء .

الضغط الجوي

على الرغم من عدم احساس الانسان بضغط الهواء في المعتاد ، الا أن للتغير المفاجيء في الضغط أثره ، الذي يمكن أن يلمسه المرء حينما تقلع به الطائرة أو تهبط ، مسببة بذلك انسداد الأذنين ، وهي حالة أيضا تنتاب المسافرين في مركبة على طريق جبلي حين تهبط واد أو تصعد قمة ، وعند مستوى سطح البحر يبلغ مقدار ضغط الهواء نحو ١٥ رطلا انجليزيا على البوصة المربعة الواحدة من السطح سائلا كان أم صلبا ، وبسبب التوازن التام بين هذا الضغط الخارجي وبين ضغط الهواء داخل السوائل والاجسام المسامية والكائنات الحية ، فانه لا يؤثر ، أو أن تأثيره متعادل . هذا الضغط هو عبارة عن وزن عامود الهواء الممتد من السطح الى أطراف الغلاف الغازي ، ونظرا لكون الهواء غاز يتأثر بالضغط ، فانه من المتوقع أن توجد أكثف طبقاته أدناه ، وأخفها أعلاه ، أي أن وزن الهواء وضغطه يتناقصان بسرعة بالارتفاع الى أعلى .

ويقاس ضغط الهواء بواسطة جهاز مبني على أساس تجربة قام بها العالم توريشالي Torricelli ١٦٤٣ ، حين ملأ أنبوبا من الزجاج طوله نحو ثلاثة أقدام ، مخلق من أحد طرفيه بالزئبق ، ثم نكسه من طرفه المفتوح في حوض مليء بنفس السائل ، فوجد أن الزئبق في الأنبوب المغلق قد هبط بضع بوصات ، ولكنه بقي يملا نحو ٣٠ بوصة من الأنبوب فوق سطح الزئبق بالحوض . فكان ضغط الهواء على سطح الزئبق بالحوض هو الذي أبقى على عامود الزئبق فوق السطح بمقدار ٣٠ بوصة ، فإذا زاد ارتفاع ضغط الهواء على السطح المطلق للزئبق في الحوض ، ارتفع العامود في الأنبوب ، والعكس اذا انخفض الضغط . وما أجهزة قياس الضغط المسماة بالبارومترات الا تحسينات لتجربة تورشيلي .

وتختلف وحدات قياس الضغط من بوصات الى سنتيمترات الى المليبار ، فهي بالبوصة عند مستوى سطح البحر في الظروف العادية ٢٩,٩٢ أو ما يعادل ٧٦٠ مم زئبقي ، أما المليبار millibar فهو وحدة أصغر، وكل بوصة تعادل ٢٣,٩ ملليبارا ، وعليه يكون الضغط الجوي العادي عند سطح البحر ١٠١٣,٢ ملليبار .

بالاضافة الى البارومترات الزئبقية هناك أنواع أخرى معدنية لا يستخدم فيها الزئبق ، منها بارومتر أنرويد aneroid ، وهو عبارة عن صندوق معدني رقيق الجدران ، مفرغ جزئيا من الهواء ، ومحكم الاقفال ولذا تتأثر جدرانه بالضغط الخارجي الواقع عليها ، مسببة انضغاطا نحو الداخل ، أو تمددا نحو الخارج بارتفاع الضغط وهبوطه على التوالي ، هذه الحركات تسبب تشفيل مؤشر ، يمر فوق ميناء قرص مدرج ، يحدد في أية لحظة مقدار الضغط الجوي الواقع على الجهاز ، ومن ميزاته سهولة الاستعمال والنقل أثناء الرحلات ، ولكنه ليس بدقة البارومتر الزئبقي ، وقد يركب هذا الجهاز أمام اسطوانة تدور بواسطة ساعة توقيت ، بحيث يسجل مؤشره الضغط الجوي على ورقة بيانية بخط متصل باستمرار ، ويعرف هذا الجهاز باسم الباروجراف .

التوزيع العمودي للضغط الجوي :

سبق أن أوضحنا أن لعمود الهواء وزنه أو ضغطه ، ولذا فأننا نتوقع أن يقل الوزن أو الضغط بالارتفاع حيث يقصر العمود ، وحيث يبعد المرم صعدا من طبقات الهواء الدنيا الكثيفة ، ويبلغ معدل هبوط الضغط بوصة واحدة لكل ٩٥٠ قدما ، غير أن هذا المعدل لا ينطبق الا على بضع آلاف من الأقدام حول سطح الارض فقط . وبعد ذلك يتناقص معدل الهبوط بسرعة . وعلى الرغم من أن اختلاف توزيع الضغط رأسيا قليل الأهمية بالنسبة للدراسات المناخية ، فإن له تطبيقات عملية في مجال الطيران ، وجميع المحطات الجبلية التي يقاس فيها الضغط على ارتفاع كبير فوق سطح البحر تعدل قراءاتها الى المكافئات على مستوى سطح

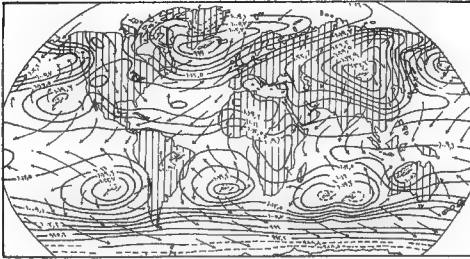
البحر ، ومن ثم فإن معظم خرائط الطقس والمناخ التي تبين توزيع الضغط تتلافى عامل المنسوب ، حتى يمكن ألا رسم الخريطة ، ثم إعطاء صورة نظرية مبسطة كما لو كان ظهر الأرض متجانس المنسوب .

التوزيع الاقي للضغط الجوي :

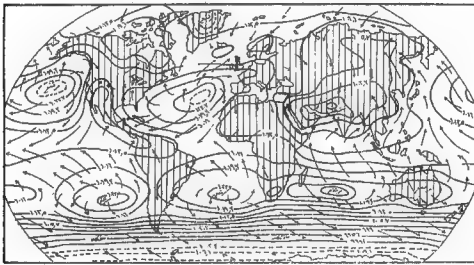
لو أخذنا معدل الضغط الجوي العادي عند منسوب البحر على أنه ٢٩,٩٢ بوصة (١٠١٣ ملليمبار) ، فإن أي ارتفاع عن هذا وليكن ٣٠,٥٠ (١٠٣٣ ممب) سوف يحدد ضغطا مرتفعا ، كما أن أي انخفاض ولو قليل ٢٩,٠٠ بوصة (٩٨٢ ممب) سيمثل ضغطا منخفضا ، ويقترن الضغط الجوي المرتفع عادة الظروف طقس مستقر جاف ، بعكس الضغط المنخفض الذي يصاحب الظروف المتقلبة والطقس العاصف الماطر .

ويبين الضغط على الخرائط بخطوط الضغط المتساوي *isobars* التي يصل الواحد منها بين جميع المناطق التي يتساوى ضغط الهواء فيها ، على نحو خطوط الحرارة المتساوية ، وحيث تتقارب خطوط الضغط المتساوي وتتزاحم ، فإن هذا دليل على حدة المنخفض أو المرتفع وعمقه ، وبالتالي شدة الرياح الداخلة والخارجة منه ، والعكس حين تتباعد الخطوط ، وهذا بطبيعة الحال ينطبق على خرائط الطقس اليومية ، التي تبين في تتابها من يوم ليوم حركة مراكز الضغط ومدى عمقها أو ضحولتها ، أما على خرائط المناخ فإن خطوط الضغط المتساوي تحسب كمعدلات لسنوات طويلة .

وإذا تفحصنا خرائط توزيع الضغط حول العالم (شكل ٦٤,٦٣) فإننا نلاحظ امتداد نطاقات الضغط في أشرطة من الشرق الى الغرب ، أي مع خطوط العرض ، وهذا دليل على تأثير توزيع الضغط بتوزيع النطاقات الحرارية بشكل عام ، فالمناطق المرتفعة الحرارة بالمعرض الاستوائية تتميز بضغط منخفض بسبب تصاعد الهواء ، إذ أن الغاز متى سخن خف وزنه وتصاعد الى أعلى ، والعكس فإن العروض القطبية



شكل (٦٣) الضغط والرياح في يناير



شكل (٦٤) الضغط والرياح في يوليو

يسودها ضغط مرتفع بسبب برودة الهواء وهبوطه ، ولكن مع هذا فان بعض المناطق الحارة بالعروض الدنيا والوسطى تتميز بضغط مرتفعة، كما أن العروض المعتدلة الباردة تبين وجود خلايا من الضغط المنخفض ،

وهذا عكس النمط الحراري ، فلا بد من وجود مؤثر آخر هو ما يعرف عادة بالظروف الديناميكية الناتجة عن مسارات الدورة العامة للرياح حول الكرة الأرضية ، خاصة الحركة الرأسية ، التي تتمثل في تيارات الهواء الصاعدة أو الهابطة ، ومن أمثلة ذلك مناطق الضغط المرتفع شبه المدارية حول خطي عرض ٣٠ شمالا وجنوبا ، حيث تفترق الرياح السطحية ، فيتجه بعضها نحو خط الاستواء ، وهي التيارات ، في حين تتجه تيارات أخرى نحو القطبين ، وهي الرياح الغربية العكسية ، هذا الافتراق هو نتيجة لوجود تيارات هوائية هابطة تعمل على تضاعف الهواء وزيادة ثقله ، ومن ثم ارتفاع الضغط ، على الرغم من ارتفاع حرارة هذه العروض بالقياس لحرارة مناطق الضغط المنخفض شبه القطبية ، الواقعة تجاه القطبين ، ويمزى انخفاض الضغط في هذه العروض الى التقاء التيارات الهوائية السطحية ، ممثلة في الرياح العكسية والرياح القطبية ، مما يسبب صعود الهواء وتخلخله ، وبالتالي قلة وزنه أو ضغطه ، وعلى هذا يمكن أن نجعل الصورة العامة لتوزيع الضغط على النحو التالي :

١ - نطاق استوائي يتراوح ضغطه ما بين ٢٩,٨ و ٢٩,٩ بوصة (١٠٠٩ و ١٠١٣ ملليبار) ، وهو ما يعرف بنطاق الرهو أو الركود الاستوائي ما بين خطي عرض ٥ شمالا وجنوبا .

٢ - نطاقان من الضغط المرتفع شبه المداري حول خطي عرض ٣٠ شمالا وجنوبا ، والنطاق الواقع في نصف الكرة الجنوبي أشد وضوحا واتصالا ، أما في النصف الشمالي فانه نطاق متقطع يبدو كخليتين أو مركزين منفصلين ، أحدهما فوق شرق المحيط الهادي ، والآخر فوق شرق المحيط الاطلنطي ، ويرتبط هذان النطاقان بهبوط كتل الهواء من أعلا ، وافتراق التيارات السطحية نحو القطبين ونحو خط الاستواء .

٣ - نطاقان من الضغط المنخفض يمتدان من خط عرض ٤٥ شمالا وجنوبا الى العروض القطبية ، وفي نصف الكرة الجنوبي يمتد أحد هذين

النطاقين كشريط يطوق الكرة الارضية في هذه العروض فوق مسطح محيطي متصل ، أما في النصف الشمالي فيضطرب توزيع هذا النطاق بسبب تداخل كتل اليايس والماء .

٤ - نطاقان من الضغط المرتفع حول القطبين نتيجة لدورات الهواء الهابطة ، وينكمش هذان النطاقان صيفا ويمتدان شتاء .
ويتأثر توزيع الضغط على النحو السابق بعدة عوامل تخرجه عن الصورة النظرية منها :

١ - انتقال نطاقات الضغط الى الشمال أو الجنوب تبعاً لحركة الشمس الظاهرية ، كما هو الحال بالنسبة للنطاقات الحرارية ، وهذا يبين مدى صلة توزيع الضغط بتوزيع الحرارة .

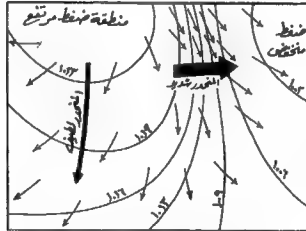
٢ - تتحول مناطق الضغط المرتفع فوق القارات الى مناطق ضغط منخفض أثناء فصل الصيف ، بسبب ارتفاع الحرارة فوق اليايس في ذلك الفصل ، وهذا أيضاً يدل على ارتباط توزيع الضغط بالحرارة .

٣ - يلاحظ أن مناطق الضغط المرتفع شبه المدارية تكون قوية في الاجزاء الشرقية من المحيطات، وضعيفة في الاجزاء الغربية منها، ويرجع ذلك الى أنه في الاجزاء الشرقية من المحيطات ، تكون الرياح متجهة من مناطق أكثر حرارة ، ويكون الهواء ثقيلاً فيهبط في الاجزاء الشرقية ، مسبباً ارتفاع الضغط ، أما على الجوانب الغربية لنطاقات الضغط المرتفع ، فإن الهواء يكون قادماً من عروض استوائية وهو بهذا هواء حار ، يميل الى الصعود ، مسبباً انخفاض الضغط نسبياً ، يضاف الى ذلك أن الاجزاء الشرقية من المحيطات في هذه العروض تمر بها تيارات بحرية باردة ، تعمل على خفض حرارة الهواء ، وزيادة وزته ، وبالتالي ارتفاع الضغط ، بعكس السواحل الغربية من نفس العروض ، حيث تمر تيارات بحرية دفيئة ، ترفع من درجة حرارة الهواء ، وتساعد على تمدده وصعوده ، وبالتالي تؤدي الى انخفاض الضغط .

الرياح

الرياح هي عبارة عن هواء متحرك في تيارات ، يمكن أن تحدث على نطاق محلي ، بين أية بقمتين متباينتين في حرارتهما ، وقد سبق أن أوضحنا انزلاق الهواء البارد من السفوح الى البطون ، وصعود هواء دافئ في اتجاه مضاد ، ويقاس اتجاه الرياح بواسطة جهاز يسمى دوارة الرياح Wind Vane ، وتسمى الرياح باسم الجهة التي تقبل منها ، أي التي يشير اليها سهم الدوارة . ويلاحظ أن الاتجاه يتغير من لحظة لأخرى ، ومن فصل لآخر ، أما مرمعة الرياح فتقاس بواسطة جهاز آخر مزود بعداد للسرعة .

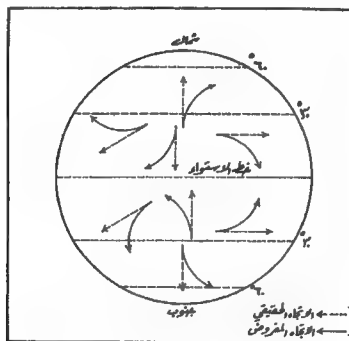
السبب الاساسي لحركة تيارات الهواء ونشأة الرياح هو أنماط الضغط المتغايرة بين جهات سطح الارض ، فإذا افترضنا وجود أحد مراكز الضغط المرتفع في جهة ما ، فإن الرياح تتجه من قلب هذا المركز نحو أطرافه (شكل ٦٥) ، وتختلف شدة هبوب الرياح في هذه الحالة تبعا



شكل (٦٥) اتجاه الرياح من مناطق الضغط

لنمط خطوط الضغط ، فحيث تقاربت اشتدت الهبات ، والعكس حيث تباعدت ، ولو أن الارض كانت ثابتة لهبّت الرياح في خطوط مستقيمة

مباشرة من مركز الضغط المرتفع ، وفي اتجاهات عمودية على خطوط الضغط المتساوي الى مركز الضغط المنخفض ، ولكن طبقا لقانون Ferrel تنحرف الاجسام المتحركة حركة حرة على ظهر الارض الى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي ، وإلى يسار اتجاهها في النصف الجنوبي . ولكن لهذا الانحراف أثر عند خط الاستواء ، وهذا ما يوضحه (شكل ٦٦)



شكل (٦٦) انحراف الرياح حسب قانون فرل

بالنسبة لحركة الرياح على ظهر الارض ، وهي في الغالب موازية لاتجاهات خطوط الضغط المتساوي ، كما أنه بالقرب من سطح الارض وفي حين يتراوح بين ٥٠٠ متر و ١٥٠٠ متر يتحكم عامل آخر في اتجاه الرياح ، وهو عامل الاحتكاك بالارض ، وهذا في الواقع يعدل قليلا من عامل الانحراف بفعل الدوران ، ويحول دون موازنة الرياح في اتجاهاتها تماما لخطوط الضغط ، ونتيجة لتضارع هذه القوى المختلفة فان اتجاه الرياح يكون عادة يزوايا تتراوح بين ٢٠ ، ٤٥ على خطوط الضغط .

انواع الرياح :

الرياح التي تهب على جهات سطح الارض المختلفة عدة أنواع ، منها ما هو دائم أو شبه دائم ، ومنها ما هو موسمي أو فصلي ، ومنها ما يهب على نطاقات بأكملها من سطح الارض بصورة كوكبية ، يقابل ذلك رياح محلية لا يتعدى أثرها مواضع معينة أو بقاع محدودة ، بالإضافة الى ذلك هناك رياح يومية منتظمة في توقيتها واتجاهاتها ، وأخرى غير مقيّدة بمواعيد أو بمسارات معروفة ، ونعني بذلك العواصف المدارية .

١ - الرياح السطحية الدائمة :

ابتداء من نطاق الضغط المنخفض الاستوائي فيما بين خطي عرض ٥° شمالا وجنوبا تسود منطقة رهو أو ركود استوائي، حيث تعمل الحرارة العالية والرطوبة الوفيرة على تصاعد تيارات الهواء ، ومن ثم يتضائل أثر الرياح السطحية بشكل ملحوظ ، فالهدوء التام يمتد ليطغى ثلث الوقت ، وفيما عدا ذلك تهب نسائم هادئة متغيرة الاتجاه ، أو عواصف رعدية عنيفة تصحب التصعيد وتسبب هطول الامطار .

الى الشمال والى الجنوب من نطاق الركود ، وفيما بين خطي عرض ٣٠° ، شمالا وجنوبا ، يوجد نطاق الرياح التجارية، وهي نتيجة لخروج الرياح من نطاقات الضغط المرتفع شبه المداري ، قاصدة النطاق الاستوائي المنخفض الضغط . وفي نصف الكرة الشمالي تنحرف هذه الرياح على يمين اتجاهها مكونة التيارات الشمالية الشرقية ، والمكسر بالنسبة لنصف الكرة الجنوبي ، حيث الرياح جنوبية شرقية ، وتتميز الرياح التجارية بانتظامها ، واستقرار اتجاهاتها ، وثبات سرعتها ، كذلك تقل الاضطرابات الجوية العنيفة بمناطق نفوذها ، باستثناء العواصف المدارية القوية ، التي تهب في بعض المواسم على بعض الجهات المحيطية ومن أشهرها عواصف الهريكين والتيفون ، على نحو ما سنوضح فيما بعد .

وفيما عدا هذا تتراوح سرعة هذه الرياح ما بين ٢٠ و ٢٥ كيلومترا في الساعة ، وهي في نصف الكرة الجنوبي أسرع منها في نصف الكرة الشمالي بسبب اختلاف توزيع اليايس والماء بكل منهما . لكل هذه الخصائص ، فان نطاق الرياح التجارية بنصفي الكرة يمثل ممرات هامة للملاحة ، بمكس نطاق الركود الاستوائي حيث الرياح ساكنة أو متغيرة الاتجاهات ، مما كان يعاكس الملاحة الشراعية في الماضي . ويلاحظ أن نطاق الركود الاستوائي والرياح التجارية على جانبيه يتحرك فصليا نحو الشمال أو الجنوب ، تبعا لحركة الشمس الظاهرية ، وكنتيجة لمظم امتداد الكتل القارية في نصف الكرة الشمالي ، فان هذه الحركة صيفا نحو الشمال ، أعظم من الحركة جنوبا في فصل الشتاء ، وفوق المحيطات تبلغ التجاريات ذروة الانتظام والاستقرار بالمحيطين الهادي والاطلنطي، ولكنها فوق المحيط الهندي تضطرب نتيجة لتجاور هذا المحيط مع الكتلة الآسيوية الكبرى ، التي تسبب نظاما موسميا خاصا .

فيما بين خطي عرض ٣٠ ، ٤٠ شمالا وجنوبا، يوجد نطاقان تسودهما فترات متغايرة من الهدوء والرياح المختلفة الاتجاهات ، فيما يعرف بمروض الخيل ، تتفق في توزيعها مع نطاقات الضغط شبه المدارية ، التي هي في الواقع خلايا أو مراكز مستقلة غير متصلة ، من هذه المراكز تكون الرياح خارجة على مدار السنة ، مشكلة التجاريات نحو خط الاستواء ، والعكسيات الغربية تجاه القطبين ، وتكون هذه المراكز أقوى ما يمكن في فصل الصيف ، كما أن لها هجرة فصلية تقدر بنحو خمس درجات في نصف الكرة الجنوبي ، وثمان درجات في نصف الكرة الشمالي. وفي عروض الخيل ذاتها يسود الهدوء التام ربع الوقت ، وفيما عدا ذلك تهب الرياح من كافة الاتجاهات ، وتكون السماء صافية والجو جافا ، وهنا توجد معظم المساحات الصحراوية حول العالم ، وتمتد من هذه العروض الى نطاق الرياح التجارية خاصة على الجوانب الغربية من القارات .

فيما بين خطي عرض ٣٥ و ٦٠ ينصفي الكرة تسود الرياح العكسية الغربية الخارجة من نطاق الضغط المرتفع شبه المداري، فهي بذلك تقصد جهات أبعد من مناطق المنشأ ، بعكس التجاريات التي تهب من مناطق أدنى حرارة ، ولذا فان تأثير التجاريات يكون التلطيف والجفاف ، أما العكسيات فتجلبب فضلا عن الدفء الرطوبة .

والواقع ان القول بأن العكسيات تكون جنوبية غربية في نصف الكرة الشمالي ، وشمالية غربية في نصف الكرة الجنوبي ، تعميم واسع يحمل في ثناياه الخطأ ، حيث تهب الرياح أحيانا من اتجاه القطبين ، أي عكس الاتجاه السائد ، ومن ثم فان التغير هو الصفة الغالبة على هذه الرياح ، سواء من حيث الاتجاه أو السرعة ، خاصة وأن الاعاصير تسود نطاقاتها ، وتتحرك بصفة عامة من الغرب الى الشرق ، وهي التي تجلب لنا الامطار الشتوية ، بسبب المنخفضات التي تسافر في ممرات عبر البحر المتوسط داخلة اليه من المحيط الاطلنطي . وأثناء مرور هذه المنخفضات تضطرب الاحوال الجوية ، وتحدث العواصف ، وتهب الرياح من جميع الاتجاهات ويزداد نشاط هذه الرياح في فصل الشتاء خاصة في نصف الكرة الشمالي، كما ينحصر نشاطها صيفا في عروض أعلى ، ومن ثم يعمل الجفاف بطراز مناخ البحر المتوسط ، الذي يخضع في ذلك الفصل للتجاريات الجافة .

وفي نصف الكرة الجنوبي فيما بين خطي عرض ٤٠ ، ٦٠ ، تسود هذه الرياح طول العام فوق نطاق محيطي متصل، تقريبا ، حيث تبلغ أوج عنفوانها وانتظامها ، وتعرف بعدة أسماء محلية ، كالاريمينات المزمجرة، أو الخمسينات الغاضبة *furious fifties* ، أو الستينات الصاخبة *serdaming sixties* وقد كان هذا النطاق يستخدم في الرحلات البحرية ما بين جنوب الاطلنطي وأستراليا ونيوزيلند وجزائر جنوب المحيط الهادي ، وكان من السهل حينذاك على السفن الشراعية أن تواصل رحلتها شرقا حول العالم بفضل دفع هذه الرياح ، لتعود الى الموانئ الأوروبية ، أفضل من أن ترجع بنفس الطريق ضد تيارات الرياح ، ولكن في الوقت الحالي قل تأثير هذه

الرياح على الملاحة البحرية ، وكل ما هنالك هو أن السفن تستهلك وقودا أكثر في رحلتها ضد اتجاه الريح . هذا الاثر وان كان قليل الوقع على السفن فانه يؤثر على الملاحة الجوية لان الطيارات تحمل كميات محدودة من الوقود .

أخيرا هنا كما يسمى بالرياح الشرقية القطبية ، وتهب من مراكز الضغط المرتفع القطبية ، تجاه مناطق الضغط دون القطبية ، والواقع أن هذا تبسيط كبير للصورة الحقيقية ، خاصة في نصف الكرة الشمالي ، حيث يضعف تأثيرها كثيرا ، ومن ثم تطفئ على مناطق نفوذها العكسيات . أما في النصف الجنوبي ، فهي أكثر وضوحا لتجانس سطح القارة القطبية الجنوبية ، التي تكتسوها غطاءات مستديمة من الجليد ، ويطوقها نطاق محيطي متصل ، ومن ثم يتكون على ظهر القارة ضد اعصار جوي دائم ، تخرج منه رياح جنوبية شرقية منتظمة ، وهي بصفة عامة رياح ضعيفة ، ولكنها عند التقائها بالرياح العكسية الأدفا والأرطب ، تكون ما يعرف بالجهات الهوائية التي تصبح مسرحا للأعاصير والاضطرابات الجوية ، المتحركة من الغرب الى الشرق ، وما ينجم عنها من أمطار وثلوج .

٢ - الرياح الموسمية :

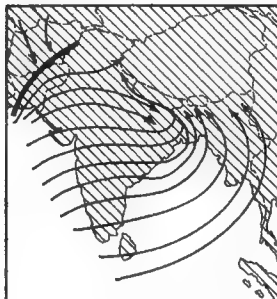
أيضا وجدت مسطحات قارية متسعة، فان حركة الهواء في فصل الصيف تكون من العنف في هبوبها نحو الداخل القاري بشكل يقوض الدورة العامة للتجاريات والعكسيات تماما ، وما هذا الا لان ظروف الضغط المحلية المترتبة على ظروف حرارية خاصة تضبط حركة الرياح على نحو يجعل من هذه الجهات قانونا مستقلا ، لا يخضع للتمط السائد على وجه الارض ، فالرياح الموسمية اثر مباشر للاختلافات الحرارية بين اليابس والماء ، بحيث يؤدي ذلك الى تغير في الضغط الجوي من فصل لآخر ، ومن ثم ينشأ نظام فصلي للرياح في تلك الجهات . وسبب هذا يرجع لاختلاف قابلية كل من اليابس والماء على اكتساب الحرارة وفقدانها ، ففي فصل الشتاء تبرد الكتلة اليابسة بدرجة أكثر من البحار المجاورة ، ويؤدي هذا

الى زيادة كثافة الهواء فوق اليابس ، وبالتالي الى ارتفاع الضغط فوقه
عنه فوق الماء ، وينتج عن هذا هبوب الرياح الموسمية الشتوية ، ولان
الرياح الموسمية الشتوية تنشأ فوق اليابس البارد ، فانها عادة جافة
وباردة .

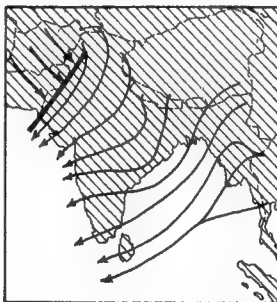
أما في فصل الصيف فتنعكس الآلة اذ تصبح الحرارة مرتفعة فوق
المناطق القارية ، مما يؤدي الى تركيز خلايا من الضغط المنخفض فوق
اليابس ، بينما يكون فوق المسطحات المائية الأبرد أكثر ارتفاعا. ويترتب
على ذلك هبوب رياح من البحر الى اليابس ، وهذه هي الرياح الموسمية
الصيفية وبما أن هذه الرياح تنشأ فوق الماء ، فانها تكون رطبة ودفيئة
وتحمل معها الامطار .

للرياح الموسمية أثر كبير من حيث الحرارة وسقوط الامطار في
المناطق التي تسودها ، وينتج عنها اختلافات موسمية واضحة في الاحوال
المناخية بين فصلي الرطوبة والجفاف ، فالصيف يتميز بالحرارة والمطر ،
بينما تنخفض حرارة الشتاء ويندر مطره . والواقع أن النظام الموسمي
ما هو الا تعديل للنظام العادي للرياح بتلك المناطق ، فعلى سبيل المثال
تهب رياح شمالية على شرق آسيا في فصل الشتاء ، وهي الموسميات
الشتوية ، التي تتفق مع اتجاه الرياح التجارية الشمالية الشرقية مع
تعديل طفيف .

وتعتبر قارة آسيا أهم مناطق نفوذ الرياح الموسمية ، التي يدخل
تحت تأثيرها جميع الاجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية من القارة ممتدة
من منشوريا وكوريا واليابان نحو الجنوب الشرقي الى الهند وباكستان .
ففي فصل الصيف (شكل ٦٧) ، تندفع الرياح من فوق المسطحات المائية
نحو الضغط المنخفض القاري ، حاملة معها كميات هائلة من الرطوبة ،
تسقطها أمطارا وفيرة على جنوب القارة وشرقها . والحقيقة أن الرياح
الموسمية في جنوب القارة ليست الا الرياح التجارية الجنوبية الشرقية
في نصف الكرة الجنوبي ، التي تتأثر بشدة انخفاض الضغط على قارة



الموسميات اضعف



الموسميات القوية

شكل (٦٧ - ٦٨)

آسيا ، فتندفع شمالا لتعبر خط الاستواء ، وعندئذ تنحرف على يمين اتجاهها حسب قانون فزل ، فتصبح جنوبية غربية وتلعب التضاريس دورا هاما في كمية الامطار بالجهات المرتفعة ، من ذلك السفوح الجنوبية لجبال هملايا حيث تضطر الرياح للصعود ، فتبرد وتنتشر وتقل قابليتها على حمل بخار الماء فتتهطل الامطار التضاريسية الغزيرة ، التي قد تسبب فيضانات عامة في بعض السنين ، والمثال التقليدي على ذلك بلدة تشيرا يونجي التي تسجل في المعدل السنوي ما يقرب من أحد عشر مترا من الامطار ، فهي بذلك أغزر محطات الارض مطرا ، ويستمر موسم الامطار الغزيرة من شهر يونيو (حزيران) الى اكتوبر (تشرين أول) ، ولكنه يقصر بالتدريج وتقل الكمية بالاتجاه شمالا .

في فصل الشتاء يحدث العكس (شكل ٦٨) ، حيث تكون الرياح خارجة من القارة نحو المحيطات فتكون باردة جافة ، الا اذا عبرت البحار ، فتتحمل بالرطوبة وتسقط أمطارا على بعض الجهات المرتفعة ، من ذلك السواحل الغربية لليابان ، التي تتعرض لرياح آتية من القارة ولكنها تحملت بالرطوبة والدفع بعد عبورها بحر اليابان . وهذا أيضا ما يحدث بالنسبة للسواحل الشرقية للصين وجزر الفلبين وفيتنام التي تتعرض لرياح شمالية شرقية خلال الشتاء ، أما السواحل الشمالية الشرقية لجزيرة سيلان وساحل كروماندل فتصيبهما الامطار الشتوية نتيجة لمرور الرياح الموسمية الشمالية الشرقية على مياه خليج البنغال الدفيئة وتشبعها بالرطوبة ، وما تجدر ملاحظته أن هذه الرياح هي عبارة عن الرياح التجارية المنتظمة التي تستقر فوق جنوب آسيا خلال فصل الشتاء .

٢ - الرياح المحلية :

تنشأ الرياح المحلية نتيجة لاختلاف ظروف الضغط في مواضع محدودة من سطح الارض ، وهي على أنواع منها ما هو حار أو دفيء ، ومنها ما هو بارد .

أشهر نماذج الرياح المحلية العارة تلك التي تهب على الاقطار المطلة على البحر المتوسط ، وتنشأ نتيجة لمرور منخفضات جوية تسبب تدفق رياح ساخنة من صحارى شمال أفريقيا ، فتؤثر على مصر وتعرف بالخماسين ، كما تؤثر على أقطار شمال أفريقيا وصقلية وجنوب إيطاليا واليونان ، وتسمى رياح السيروكو ، أما السولانو فرياح محلية أخرى مشابهة للنوعين السابقين في المنشأ والخصائص وتؤثر على بلاد المغرب وجنوب شبه جزيرة ايبيريا .

وتهب الخماسين في الربيع وأوائل الصيف في موجات تستمر ما بين يوم وثلاثة أيام ، وتجلب معها كميات كبيرة من الغبار والرمال ، ونظرا لقدمها من جهات صحراوية حارة جافة ، فانها تسبب ارتفاع درجات الحرارة فوق المعدل بشكل فجائي ، وهبوط الرطوبة النسبية كثيرا ، وهي لذلك ذات آثار سيئة على الانسان والمزروعات ، ويختلف اتجاه الرياح أثناء الموجات الخماسينية ما بين جنوبية غربية الى جنوبية وجنوبية شرقية ، وقد تمتد آثارها الى الاراضي الاردنية حينما يصل المنخفض في رحلته الساحل الشرقي للبحر المتوسط فتهب على البلاد رياح جنوبية أو جنوبية شرقية مترربة تعرف بتفس الاسم ، وتسمى الازيب في منطقة البحر الاحمر ، وتسبب أمواجا عالية في البحر ذاته وخليج العقبة ، وقد ترفع من رطوبة الهواء بعد أن تكون قد تشبعت بها أثناء مرورها على مياه البحر ، وبعد انتهاء هذه الموجات تعود الرياح التجارية الشمالية الشرقية المنتظمة للاستقرار من جديد على تلك الجهات .

أما السيروكو والسولانو فهما كالخماسين من حيث الحرارة والجفاف والحمولة من الغبار والأتربة ، وتتجه هباتها عبر شمال غرب أفريقيا آتية من الصحراء قاصدة البحر ، فتصل الامطار الجنوبية من أوروبا وتكون قد تحملت بالرطوبة أثناء عبورها البحر المتوسط فتسبب ضيقا شديدا للسكان ، وقد يتعدى تأثير هذه الرياح أحيانا حوض البحر

المتوسط ، فيصل منها شيء الى المحيط الاطلنطي ، بدليل سقوط أمطار حمراء سميت بأمطار الدماء منذ أيام الملاحة الشراعية ، عندما كانت قطرات المطر المختلطة بالغبار الاحمر تصبغ شراع السفن المبحرة في مناطق تأثرها بذلك المحيط .

ويبدو أن الكثير من المناطق الصحراوية الاخرى حول العالم تمثل أقاليم مصدرية لأنواع مشابهة من الرياح الحارة الجافة المعبرة ، من ذلك رياح سانتا آنا التي تهب على جنوب ولاية كاليفورنيا ، خارجة من الصحاري الداخلية ، متجهة نحو ساحل المحيط الهادي ، حاملة الغبار والجفاف ، رافعة درجة الحرارة بشكل مفاجيء خلال فترات هبوبها المتقطعة في الربيع وأواخر الصيف . من ذلك أيضا رياح الهرمطان وهي تهب من الصحراء الكبرى في أواخر الشتاء والربيع نحو ساحل غانة بغرب أفريقيا ، ويسببها ضغط مرتفع فوق قلب الصحراء غالبا لوجود تيارات هوائية باردة تتضاغط وترتفع حرارتها وتتجه عند سطح الارض نحو منطقة الضغط المنخفض الاستوائي فتكون ساخنة ومحملة بالأتربة ، وتسبب تلف المزروعات في طريقها ، والى هذه الانواع أيضا تنتمي رياح الهبوب التي يتعرض لها شمال ووسط السودان ، ورياح الزوندا التي تهب على صحراء بتاجونيا في جنوب الارجننتين .

إذا كانت الاقطار المطلة على البحر الابيض المتوسط تتعرض لرياح محلية ساخنة تفد عليها من الجنوب ، فان سواحل الشمالية تصبح عرضة في بعض المواضع لرياح شمالية شديدة البرودة في فصل الشتاء ، وتصل من الشمال ، حين يرتفع الضغط الجوي فوق قلب قارة أوروبا ، وتمر بالبحر منخفضات جوية تتجه شرقا ، فتجذب الرياح بشدة عبر ممرات معينة مثل وادي الرون ، الذي تسلكه رياح المسترال ، والبحر الادرياتي الذي تهب خلاله رياح البورا ، وتجلب هذه الرياح القارية البرد الشديد للجهات التي تصلها ، وتسبب تلفا للمزروعات ، وقد تزيد سرعتها على ٦٠ كيلومترا في الساعة .

على النقيض مما سبق فإن لبعض الرياح المحلية آثارا مستحبة وملطفة حين تجلب الدفء لمناطق باردة ، من ذلك رياح الفهن ، وهي تهب على المنحدرات الشمالية لجبال الالب في سويسرا وألمانيا ، وتخرج من مرتفع جوي يتمركز عادة فوق سهل لمبارديا بإيطاليا ، فإذا تصادف مرور منخفض جوي من الغرب الى الشرق على الجانب الآخر من الجبال ، سحب الهواء نحوه بشدة من الجنوب عبر جبال الالب ، مما يضطره للصعود فيتكاثف ما به من بخار ، ويسقط أمطاره على المنحدرات الجنوبية ، ومن ثم تنطلق طاقته الحرارية الكامنة بفعل التكاثف ، كما يساعد على رفع درجة حرارة الهواء الهابط تضاعفه فيسخن ، ويصبح جافا ملطفا على المنحدرات الشمالية للآلب ، التي قد ترتفع حرارة الجهات الواقعة منها في مهب الفهن بمعدل ١٢ درجة مئوية عما كانت عليه ، فتذوب الثلوج وينشط النمو النباتي ، فتتضج ثمار التفاح والكمثرى .

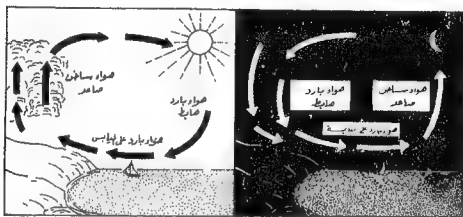
شبيهة بالفهن الى حد كبير ريج محلية تعرف باسم الشنوك Chinook وتهب في فصلي الشتاء والربيع من المحيط الهادي نحو غرب قارة أمريكا الشمالية ، وتصعد جبال روكي ، ثم تعود فتتحدّر بشدة على السفوح الشرقية فيها فتسخن وتكون لها آثار مشابهة لرياح الفهن من حيث الحرارة والجفاف وتنشيط النمو النباتي .

٤ - الرياح اليومية :

هناك نظم يومية من الرياح ، تنشأ نتيجة لظروف محلية خاصة ، وتكون لها آثار هامة على طقس الجهات التي تتعرض لها ، ومن أمثلة هذه الرياح ما يعرف بنسيم البر والبحر ، ونسيم الجبل والوادي .

أما نسيم البر والبحر فهو عبارة عن صورة يومية وعلى نطاق أصغر للرياح الموسمية ، فأثناء النهار حين يسخن البر ، يتصاعد فوقه الهواء ، ويخف الضغط موضعيا ، فيقبل عليه من البحر هواء أبرد ، فيلطف من درجة

الحرارة صيفا في العروض المدارية والوسطى (شكل ٦٩ - ١) ، وفي الليل يحدث العكس حين تفقد الارض حرارتها بسرعة ، فيبرد الهواء فوقها ، بينما يكون الماء المجاور ما زال يحتفظ بشيء كثير من حرارته ، ويحدث تبادل في اتجاه مضاد ، فتقبل نسيمات دفيئة من البحر الى البر ، مخففة من حدة البرودة (شكل ٦٩ ب) ، ولهذا كانت الجهات الساحلية أكثر اعتدالا وأقل تطرفا من حيث الحرارة ، غير أن أثر هذا العامل لا يتعدى بضعة أميال فقط من السواحل ، ويقل أثره بسرعة نحو الداخل .



نسيم البحر

نسيم البر

شكل (٦٩)

وبالنسبة لنسيم الجبل والوادي فقد سبق أن أشرنا الى انزلاق كتل الهواء البارد على المنحدرات الجبلية واستقرارها ببطون الاودية والاحواض ليلا ، بينما يصعد الهواء الدافئ منها أثناء النهار تجاه المرتفعات ، ويؤدي هذا في بعض الاحيان لتكاثف بخار الماء ، وظهور سحب تراكمية بعد الظهر فوق الجبال ، فتسقط أمطار تصاعدية .

حركة الهواء بالطبقات العليا :

لقد عالجنا حتى الآن موضوع الرياح السطحية ، التي تنشط في حيز محدود لا يتجاوز بضعة آلاف الامتار فوق سطح البحر ، والواقع أنه اذا

كان لهذه الطبقة المحدودة أثرها المباشر على الاحوال المناخية السائدة على وجه الارض ، فان لحركة الهواء بالطبقات العليا من الجو علاقة وثيقة بالدورة العامة للرياح السطحية . ومنذ الحرب العالمية الثانية ، أنشئت شبكة من محطات الارصاد والملاحظات ، الفرض منها اختبار طبقات الجو العليا على امتداد خمسة وعشرين كيلومترا فوق سطح البحر ، بواسطة جهاز يعرف باسم radiosonde ، يشتمل على عدد من الادوات التي ترسل بواسطة اشارات لاسلكية معلومات عن الضغط والحرارة والرطوبة والرياح الى المحطات الارضية ، ويوضع هذا الجهاز في بالونات خاصة تطير من تلك المحطات التي تتلقى منه البيانات وتسجلها ، ومن مجموع المعلومات الواردة الى مختلف المحطات الموزعة في أرجاء العالم ، يمكن رسم خرائط طقس لطبقات الجو العليا على عدد من المناسيب ، بحيث أمكن معرفة شيء عن الدورة الهوائية للطبقات العليا .

من المعروف أن الدورة العامة للغلاف الغازي تستمد الطاقة اللازمة لحركتها من اختلاف توزيع الاشعاع الحراري حول الكرة الارضية ، وما هذه الحركة ، فضلا عن حركة التيارات المائية بالمحيطات ، سوى رد فعل الفرض منه تبادل الطاقة الحرارية بين أرجاء سطح الارض ، حين تنقل هذه التيارات من هوائية ومائية الحرارة الزائدة من العروض الدنيا الى نطاقات العجز الحراري تجاه القطبين . فكأنها تهدف الى ايجاد نوع من التوازن الحراري بين العروض المختلفة ، ولكن اذا كان الاختلاف الحراري هو الدافع الرئيسي لحركة هذه التيارات ، فانه ليس السبب المباشر في سلوكها في جميع البقاع . ويبدو أن التبادل الحراري بين العروض الدنيا والعليا يتم بواسطة تيارات تندفع في هبات متقطعة من القطبين تجاه خط الاستواء وبالعكس .

والتوزيع العام للتيارات العليا يتلخص في حركتين الاولى حركة هائلة لتيارات تتجه من الغرب الى الشرق على امتداد القسم الاعظم من الغلاف الهوائي فيما بين خطي عرض ٢٠ شمالا وجنوبا ، وبين القطبين ، ولكن

لا تسود هذه التيارات جميع تلك العروض كتيارات سطحية لاسباب مختلفة ، منها تضرس سطح الارض ، وما يترتب عليه من انحراف في اتجاهات الرياح ، ثم تدخل العوامل التي تخرج بدورها الرياح السطحية عن مساراتها الغربية الشرقية المرسومة ، ولكن مع هذا فان تلك التيارات العليا تدور على شكل دوامة هائلة يتفق مركزها مع نطاقات الضغط المنخفض درن القطبية .

وفيما بين درجتي عرض ١٥ و ٣٠ شمالا وجنوبا ، يرتفع الضغط بالتدريج مكونا نطاقين يفصلان بين شقي الدورة السابقة للتيارات الغربية ، وينفصلان بدورهما بواسطة نطاق متصل من الضغط المنخفض الاستوائي ، وفيما بين نطاقي الضغط المرتفع السابقين تتجه الدورة العامة للغلاف الهوائي من الشرق الى الغرب ، وتؤلف التيارات السطحية ، التي تنتشر في المستويات الدنيا من الهوام شمالا وجنوبا ، فوق عروض أعلى من حدود أحزمة الضغط المرتفع بالطبقات العليا . فالدورة الهوائية العليا مبسطة تتألف من نطاقين من تيارات غربية شرقية بين القطبين ودرجة ٢٠ بكل من نصفي الكرة . ونطاق واحد من تيارات شرقية غربية ما بين درجتي ٣٠ شمالا وجنوبا .

تميل التيارات الهوائية الغربية الى اتخاذ مسارات حلزونية متعرجة ، تقترب تارة من النطاق الاستوائي ، وأخرى تنمطف نحو القطبين ، ويتخلل هذه التيارات البطيئة نسبيا وعلى ارتفاع ما بين ٣٠ ألف وأربعين ألف قدم رياح صرصر عاتية ، تندفع في تيارات تتراوح سرعتها ما بين ٢٠٠ و ٣٠٠ ميل في الساعة ، كسرعة طائفة نفاثة ، ومن ثم أتت تسميتها بالتيارات النفاثة jet stream ، وقد تحقق المشتغلون بالدراسات المتروولوجية من وجود هذه التيارات العنيفة ابتداء من ١٩٤٤ ، وقد لوحظ أنها تسير في أحزمة يحدها خطا عرض ٣٠ و ٣٥ شمالا وجنوبا ، وتتألف من هواء قطبي بارد تجاه القطبين ، وهواء مداري حار تجاه النطاق الاستوائي .

وعلى الرغم من كون التيارات الهوائية النفاثة جزءاً من الدورة الهوائية الغربية الشرقية العليا ، إلا أنه لوحظ اندفاع موجات على شكل نبضات قوية ، تخرج منها ، باعثة بالهواء شمالاً وجنوباً في مسارات عمودية على اتجاه حركتها ، ومن ثم يحدث التبادل بين القطبين وخط الاستواء بالمستويات العليا من الغلاف الهوائي . وكلما ازداد نشاط هذه الموجات تداخلت كتل من الهواء تختلف في خصائصها الطبيعية بعضها مع البعض ، مسببة بذلك تزايد النشاط الإعصاري ، والطقس النشط غير المستقر بالمروض الوسطى ، والعكس عندما يخدم هذا النشاط ، ولذا من المعتقد أن أعاصير المروض الوسطى تنشأ بالتيارات النفاثة العليا ، كما يربط البعض بين زيادة كمية الأمطار على وجه الأرض ، وبين المسارات التي تسلكها هذه التيارات في نصفي الكرة .

الرطوبة الجوية والتساقط

سبق أن أوضحنا أهمية بخار الماء في الهواء من حيث طاقته على امتصاص الحرارة بالطبقات الدنيا من الغلاف الجوي ، ولكن تلك الأهمية لا تقف عند ذلك الحد ، إذ أن بخار الماء هو مصدر السحب والضباب والندى والمطر والثلج ، وهو فضلاً عن هذا العنصر النشط الذي يكمن وراء كثير من العمليات الجوية وتقلبات الطقس . وتختلف كمية بخار الماء في الهواء من وقت لآخر ومن مكان إلى مكان ، ويتراوح هذا التفاوت بين ما يقرب من صفر في الجهات القطبية الباردة شتاء وبين ٥٪ من حجم الهواء بالجهات المدارية الحارة الرطبة .

ويدخل البخار إلى الهواء بواسطة عدة مصادر ، أهمها طبيعة الحال المسطحات المائية الشاسعة للمحيطات ، التي تغطي الشطر الأعظم من سطح الأرض ، وتتوقف سرعة التبخر من هذه المسطحات وغيرها على عدة عوامل ، منها درجة حرارة المسطحات المائية ذاتها ، وسرعة الرياح وحركتها فوقها ، ولذا فإن المروض المدارية فيما بين خطي عرض ١٠ ،

٢٠. شمالا وجنوبا ، عرضة للبخر الشديد ، لارتفاع الحرارة ، وهبوب الرياح ، عنها بالنطاق الاستوائي الذي على الرغم من شدة حرارته ، الا أن سكون الهواء يعطل كثيرا من سرعة التبخر . بالإضافة الى المحيطات هناك مصادر أخرى أقل أهمية للرطوبة الجوية ، وتشمل المسطحات المائية الصغرى كالبهار والبحيرات والأنهار والنباتات ، وحتى من أسطح التربة المبللة قد يستمد الهواء رطوبته .

تعريف الرطوبة :

الرطوبة هي عبارة عن كمية بخار الماء الموجودة بالهواء في أية لحظة، وتقاس بوزن بخار الماء بالنسبة لكتلة الهواء ، وتقدر اما بعدد الجرامات التي يشتمل عليها القدم أو المتر المكعب من الهواء ، أو بعدد الحبات grains في القدم (الحبة = $1/5$ جرام) ، وتعرف الرطوبة حينئذ باسم الرطوبة المطلقة absolute humidity ، ومن المتوقع أن ترتفع الكمية بالمناطق الرطبة ، وفوق المحيطات بالعروض الاستوائية ، وتقل بشكل ملحوظ بالصحارى المدارية والمناطق القطبية . ولكن يلاحظ أن قدرة الهواء على التحمل ببخار الماء تختلف باختلاف درجة حرارته ، فعند أي درجة حرارة معينة يظل الهواء يتقبل الرطوبة الى حد أعلى ، بحيث اذا أضيف اليه قدر آخر من البخار تحول الى ماء ، وهذا يشبه ما يحدث بالنسبة لاضافة السكر لكمية معينة من الماء في كأس ، فإن المحلول يظل يتقبل المادة الى حد معين ، ويمدها يبقى كل ما يضاف اليه كما هو دون ذوبان ، عند هذا الحد يكون المحلول قد تشبع . ويتفسر الطريقة فالهواء متى عجز عن تقبل أية زيادة في الرطوبة ، يقال أنه بلغ نقطة التشبع ، أي أن ما به من بخار الماء هو أقصى ما يمكن أن يتحملة ، وبالتالي تكون رطوبته النسبية ١٠٠٪ .

فالرطوبة النسبية هي كمية بخار الماء الموجودة فعلا بالهواء منسوبة الى أقصى كمية بخار يستطيع هذا الهواء التحمل بها ، مع ثبات درجة حرارته ، فمثلا اذا كان الهواء في درجة حرارة ٨٠° ف يستطيع التحمل

بمشر حبات من البخار في القدم المكعب ، ووجد أن كتلة من الهواء في درجة حرارة ٨٠° ولكنها لا تحمل فعلا سوى خمس حبات كان معنى ذلك أن الرطوبة النسبية لهذه الكتلة هي $\frac{5}{100} \times 100 = 5\%$.

وتختلف الرطوبة النسبية لكتلة ما من الهواء مع بقاء كمية الرطوبة المطلقة ثابتة باختلاف الحرارة ، فعندما ترتفع حرارة الهواء في هذه الحالة ، تنخفض رطوبته النسبية والمكس اذا برد . وكمثال على ذلك نفرض أن درجة حرارة كتلة من الهواء كانت ٦٠° ف ، ورطوبته النسبية ٥٠% ، فإذا ارتفعت حرارته أثناء النهار الى ٩٠° ف هبطت رطوبته النسبية الى ٢٠% فقط ، فإذا ما برّد نفس الهواء أثناء الليل الى ٤٠° ف ، تشبع الهواء تماما أي بلغت رطوبته النسبية ١٠٠% . كل هذا بافتراض بقاء كمية الرطوبة الفعلية ثابتة ، فإذا ما خفضت درجة الحرارة دون ٤٠° ف فإن الزائد من بخار الماء عن طاقة الهواء يتكاثف ، في حين يظل الهواء مشبعاً بالرطوبة ، وبسبب التكاثف يتكون الضباب أو الندى ، فإذا انخفضت درجة الحرارة دون التجمد ، تكون من الرطوبة المتكاثفة غشاء ثلجي أبيض ، هو ما عرفناه سابقاً بالصقيع .

يطلق على درجة الحرارة التي عندها يبدأ تكاثف بخار الماء من كتلة هوائية ما اسم نقطة الندى ، ويمكن ملاحظة ذلك عملياً في فصل الصيف ، حين يقدم اليك مشروب مثلج في كأس زجاجية ، فانه سرعان ما يتراكم على جدران الكأس الخارجية غشاء من الماء ، وتفسير ذلك أن الهواء الملامس للكأس يبرد فجأة ، فيصل درجة التشبع ، ويبدأ بعد ذلك يتخلص من جزء مما يحمله من بخار على سطح الكأس باستمرار التبريد .

وتقاس الرطوبة النسبية للهواء بعدد من الأجهزة ، من أبسطها الهجروميتر Hygrometer ، وهو عبارة عن شعرة بشرية مثبتة من أحد طرفيها ، ومربوطة الى مؤشر يدور على قرص مدرج من الطرف الآخر ، ويختلف طول الشعرة باختلاف الرطوبة ، فتتعدد بزيادتها وتنكمش

يندرتها ، وبالتالي يتحرك المؤشر محددا نسبة الرطوبة . وعندما يستبدل المؤشر بريشة ترسم خطا على ورقة مدرجة تدور على اسطوانة بواسطة ساعة ، فان تغير الرطوبة النسبية للهواء يسجل بطريقة آلية ، وهذا ما يعرف بجهاز الهجوجراف . كذلك يمكن الحصول على قراءة تعين مقدار الرطوبة النسبية بمقارنة الفرق بين درجة حرارة ترمومتر عادي ، وآخر ملفوف حول مستودعه قطعة من قماش مبلل ، فمن المتوقع أن تكون القراءة على الترمومتر الجاف أعلى ، ذلك لأن التبخر سيخفض من حرارة الترمومتر الآخر ، بالحصول على هذا الفرق وباستعمال جداول خاصة يمكن استخراج قراءة تدل على رطوبة الهواء النسبية .

التكاثف :

يحدث التكاثف في صورته المختلفة نتيجة لأحد عاملين ، أما بانخفاض درجة حرارة الهواء الى نقطة الندى ، أو باضافة كميات من بخار الماء اليه حتى يصل نقطة التشبع ، والواقع أن التبريد هو أشيع وسائل التكاثف التي تحدث تساقطا على نطاق واسع ، فالهواء متى برّد خاصة اذا كان قريبا من نقطة التشبع حدث التكاثف ، ولكن قد يكون التبريد على نطاق موضعي محدود بفعل فقدان الحرارة ليلا ونشأ عن هذا صور ثانوية من التكاثف كالندى والصقيع والضباب ، وكلها صور تحدث على سطح الأرض أو قريبا منه .

أما التكاثف على نطاق واسع كاف لنشأة السحب الممطرة وتساقط الثلوج فينشأ دائما في طبقات الجو العليا ، ويلزم لهذا تصعيد كتل الهواء الى مناسيب بعيدة عن سطح الأرض ، ومن المعروف أن الغاز الصاعد يفقد حرارته بالتدرج نتيجة انتشاره وتمده في الطبقات العالية ، حيث يتناقص الضغط الجوي ويتخلل الهواء ، فاذا لم يحدث تكاثف بالتيارات الصاعدة ، فان معدل هبوط حرارتها يكون نحو ١° ف لكل ألف قدم ، أما اذا حدث بها تكاثف تناقص معدل انخفاض حرارتها الى ٣ ف فقط لكل ألف قدم ، وذلك بسبب تحرر طاقة حرارية عند التكاثف

تعرف بالحرارة الكامنة ، وهي الطاقة الحرارية التي كانت تبقى بخار الماء في التيارات الهوائية الصاعدة غازا ، فعندما تحول الغاز الى سائل انطلقت تلك الطاقة للجو مرة أخرى ، مسببة هبوط معدل انخفاض الحرارة على النحو الموضح ، وينبغي أن تشير هنا الى أن معدل انخفاض حرارة التيارات الهوائية بالصعود يختلف عن معدل انخفاض حرارة الهواء الساكن بالطبقات العليا على نحو ما أوضحنا عند مناقشة حرارة الهواء ، وهناك العديد من الأسباب التي تؤدي الى صعود الهواء في تيارات الى أعلى ، سوف نعرض لها بالتفصيل في موضع آخر .

صور التكاثف قرب سطح الارض :

يتم ذلك بواسطة التبريد المباشر الذي تتعرض له الطبقات السفلى من الهواء ، اما لفقدان حرارتها بالاشعاع الى الفضاء ، أو لملاستها سطح الارض البارد أو عند امتزاج تيارين هوائيين مختلفين في حرارتهما ورطوبتهما ، فعندئذ يحدث تكاثف في حيز هوائي ضيق مسببا الندى أو الصقيع أو الضباب .

الندى :

حين ترتفع درجة حرارة الهواء أثناء النهار ، تنخفض رطوبته النسبية ، ومن ثم يكون أقدر على اكتساب بخار الماء ، ولكن عندما تنخفض الحرارة ليلا ، ترتفع الرطوبة النسبية تدريجيا باستمرار هبوط الحرارة ، حتى اذا ما بلغ الهواء نقطة التشبع ، تخلى عن قطرات صغيرة من الماء ، ترى في الصباح على الارض أو على أوراق النبات أو الأجسام المعدنية وزجاج النوافذ ، هذه هي قطرات الندى التي لا تلبث أن تتبخر بعد شروق الشمس بوقت قصير ، ولهذه الظاهرة أهميتها أحيانا بالنسبة للمزروعات التي تعتمد على المطر ، والظروف التي يجب توافرها لتكون الندى هي :

١ - أن تكون السماء صافية خالية من السحب خلال الليل ، لأن ذلك

يساعد على سرعة فقدان الأرض لحرارتها بواسطة الاشعاع ،
وبالتالي تبريد طبقة الهواء الملاصقة لأديمها .

٢ - أن يكون الهواء ساكنا حتى تبقى الطبقة الملاصقة لسطح الأرض
مستقرة فترة كافية لخفض حرارتها الى نقطة الندى ، أما في حالة
تنباط النسمات ، فان هذا أدعى الى امتزاج الهواء السفلى البارد
بهواء أدفا من الطبقات التي تعلوه .

٣ - ألا يكون الهواء الملاصق لسطح الأرض شديد الجفاف ، فكلما
ارتفعت الرطوبة المطلقة كلما كانت فرص تكون الندى أكبر ،
وهذا يفسر لنا اختفاء الندى في الايام التي يكون هواؤها جافا .

الصقيع :

سبق أن ذكرنا شيئا من هذه الظاهرة ، والصقيع يشبه الندى في
كيفية تكونه ، ولكن الفرق بينهما أن بخار الماء في حالة الندى يتحول من
غاز الى سائل ، بينما في حالة الصقيع يتحول بخار الماء من غاز الى ثلج
دون أن يمر بمرحلة السيولة ، وسبب هذا هو هبوط درجة الحرارة
أثناء الليل دون التجمد .

الضباب :

هو عبارة عن جزئيات صغيرة من الماء ، تبقى لخنفتها عالقة بالهواء
لفترة من الزمن ، ويختلف الضباب في كثافته ما بين ضباب خفيف سريع
التلاشي ، الى طبقات متكاثفة تعجب الرؤيا ، وتسبب أخطارا في الملاحة
والمواصلات ، وهو على أنواع مختلفة من حيث المنشأ :

١ - ضباب الإشعاع Radiation fog : ويحدث نتيجة فقدان الهواء حرارته
بالاشعاع ، أو بملامسته الأرض الباردة ، وهو كالندى يظهر نحو نهاية
الليالي الباردة الصحو القليلة النسمات ، ويسود هذا النوع من الضباب
في الأودية والأحواض المنخفضة ، حيث يتجمع الهواء البارد ، ويبقى

ضباب الاشعاع فترة قصيرة ، حيث أنه يتكون في ساعات الليل الباردة ، ثم تبيده الشمس بعد شروقها في الساعات الاولى من النهار .

٢ - الضباب المنقول *advection fog* : ويتكون في تيارات الهواء الرطب الدافئ ، اذا تحرك فوق أسطح باردة ، فتهبط حرارته لتصل نقطة الندى ، والفرق بين هذا النوع والنوع السابق هو ملامسة السكون لضباب الاشعاع ، وضرورة الحركة للضباب المنقول ، ويكثر حدوث هذا الضباب فوق المحيطات ، خاصة في فصل الصيف ، وعلى شواطئ البحيرات ، وعلى اليابس في العروض المعتدلة أثناء فصل الشتاء ، وأشهر أنواعه توجد بالمناطق الساحلية التي تمر بها تيارات بحرية باردة ، مثل ساحل كاليفورنيا ، وحول جزيرة نيوفونلند وساحل شيلي ، وساحل أفريقيا الجنوبي الغربي والشمالي الغربي ، وحول جزر اليابان ، فالرياح الدافئة القادمة من المحيط حين تمر بأسطح هذه التيارات تبرد ، ويتكاثف جزء من بخارها مكونا ضبابا كثيفا ، يستمر فترات أطول من النوع السابق ، كما أنه قد يحدث في الصباح أو بعد الظهر ، وفي داخل القارات ينشأ الضباب المنقول بالعروض العليا ، حين تهب تيارات من هواء رطب دافئ نسبيا فوق سطح الأرض المغطى بالجليد أو الثلوج في اتجاهها نحو القطبين .

٣ - ضباب الجبهات *frontal fog* : ويتكون بمناطق التقاء كتلتين هوائيتين مختلفتين في خصائصهما الطبيعية ، فالتقاء هواء بارد بأخر دافئ رطب يؤدي الى حدوث تكاثف على طول جبهة الالتقاء ، ومن ثم تكون الضباب .

ويكثر الضباب بصفة عامة فوق المحيطات عنه فوق اليابس ، وفوق المسطحات المائية بالعروض العليا والوسطى عنه بالعروض المدارية ، كما أنه على السواحل أكثر ظهورا منه بداخلية القارات ، وكذلك تعطى الجهات المتضرسة فرصا أكبر لنشأته عن الاراضي المستوية . واذا كان للضباب أخطاره على الملاحة البحرية والجوية والمواصلات عامة ، فله فوائده أيضا بالنسبة للمزروعات في المناطق القليلة الامطار .

التساقط :

يحدث التساقط نتيجة للتكاثف على نطاق واسع بطبقات تملو سطح الارض ، حيث تتكون السحب الكثيفة السميكة ، نتيجة للتبريد المرتبط بتصاعد الهوام وتمدهه ، وقد قدر أن أية كتلة هوائية يتضاعف حجمها اذا رفعت ٥٥٠٠ متر ومن ثم فانها تزاخم ما حولها من هوام يدفعه جانبا بعيدا عن مساراتها ، وهذا الدفع يتطلب طاقة تسحب من الهواء المتحرك ذاته ، فتخفص من حرارته بالقدر الذي يسمح بتكاثف وفير ، والعكس صحيح ، اذ أن تيارات الهوام الهابطة تتكدس فتتضاعف ، مما يسبب انطلاق طاقة حرارية ترفع من درجة حرارة الهواء ، وبالتالي من شراسته على امتصاص الرطوبة ، وهذا عكس التكاثف .

اشكال التساقط :

المطر : يحدث حينما يتجمع رشاش الماء بالسحب في قطرات من الكبر والثلج بحيث يتعذر بقاءها عالقة بالهواء فتتهوي الى الأرض ، وقد تلتحم بعض القطرات ببعض أثناء سقوطها مكونة قطرات كبيرة ، تبلغ أقطارها نحو ٧ مم ، ولكن اذا زاد حجم القطرات عن هذا القدر ، فانها تنقسم فتصل سطح الارض على شكل رذاذ رفيع . اذا سقطت قطرات المطر فوق أرض تغطيها طبقة من الهوام حرارتها دون التجمد ، فانها تتصلب عند اصطدامها بسطح الارض ، أو أوراق الاشجار ، أو أسلاك الهاتف ، مكونة طبقة جليدية زجاجية القوام glaze ، تكون لها خطورتها على الاشجار والاسلاك الهوائية للهاتف والكهرباء ، كما تجعل السير على الطرق مخطرا .

ويقدر المطر بعدد البوصات أو الميليمترات الساقطة خلال فترة زمنية معينة ، فبوصة من المطر تعني أنه سقطت كمية منه تكفي لتغطية سطح الارض بالبقعة التي نزلت عليها بسمك بوصة واحدة ، باعتبار أنه لم يفقد منها شيء بالبخر أو التسرب الى جوف الارض ، أو الانسياب الى

مواضع أدنى فوق السطح . ويمكن قياس المطر بوسيلة بسيطة لا تعتمد على وضع اناء مسطح القاع مستقيم الجوانب في الخلاء ، وقياس ما يتجمع به من ماء المطر خلال فترة زمنية محددة ، ومالم تكن المدة الزمنية قصيرة فإن نتائج هذه الوسيلة البدائية سوف تتأثر بالتبخر ، مما قد يعطي نتائج مجافية للواقع ، هذا بالإضافة الى أن الكميات القليلة التي لا تتجاوز عشر البوصة سوف تكون طبقة رقيقة من الماء بقاع الوعاء بدرجة يتمدر معها القياس بدقة .

لهذا فإن الامطار تقاس بجهاز خاص rain gage ، يقلل من فرص التبخر ، ويبين الكميات الساقطة مهما قل سمكها ، ويتألف من اسطوانة مفتوحة السقف ، على شكل قمع ينتهي الى أنبوبة مدرجة ضيقة تساعد على قراءة الكميات الضئيلة ولا تسمح بالتبخر ، ومتى امتلأت هذه الأنبوبة لزم افراغها ، وقد يوصل الجهاز أحيانا بوسيلة آلية تعمل على افراغه ذاتيا وتسجيل عدد مرات التفريغ . وللحصول على نتائج دقيقة ينبغي وضع جهاز قياس المطر في مكان مكشوف ، بعيدا عن المباني والاشجار ، كذلك لا يصح وضع الجهاز في مكان مرتفع كثيرا عن الاراضي المحيطة به ، حتى لا يتأثر المطر بسرعة الرياح ، التي قد تدفعه بعيدا عن فتحة الجهاز .

الثلج :

عبارة عن مياه متجمدة في بللورات تتكون مباشرة من تصلب بخار الماء بالسحب ، دون المرور بحالة السيولة ، ويتخذ عند سقوطه أشكالا هندسية بدیعة متعددة ، ذات جوانب تتراوح بين الثلاثية والسداسية أو المتشعبة ، وحين يسقط الثلج في ندف تشبه الريش الرفيع المتطاير ، فإنه متى وصل سطح الارض غطاها بطبقة هشة ، ان لم تذب تماسكت وتصلبت بضغط ما يضاف اليها ، وعندئذ يتحول الثلج الى جليد . وقد يسقط الثلج في العروض دون المدارية ، ولكنه لا يستقر فوق سطح الارض سوى فترة وجيزة قبل أن يذوب ويختفي ، أما في العروض

المدارية والاستوائية فان الثلج لا يسقط الا على ارتفاعات شاهقة ، ولا يبقى فوق القمم الا على منسوب أعلى من خط الثلج الدائم ، وتتزايد فرص التساقط الثلجي بالجهات الباردة بالاتجاه صوب القطبين ، حتى تصل الى عروض يظل الجليد فيها على سطح الارض طول العام ، حتى على ارتفاع مستوى سطح البحر .

قياس كمية الثلج الساقطة من الامور الصعبة ، والنتائج التي يحصل عليها أحيانا غير دقيقة ، ويرجع ذلك الى أن أجهزة قياس الثلج لا تظل في أماكنها طول السنة ، وانما يسرع بوضعها عندما يبدأ الثلج في السقوط ، وبذلك قد يضيع جزء لا يتم تسجيله . كذلك على سفوح المرتفعات العرضة للتساقط الثلجي أكثر من غيرها قد لا يلتقي الجهاز كل الثلج الساقط بسبب زاوية الميل ، يضاف الى ذلك أن الثلج الذي يسقط في مكان ما ، وخاصة في مناطق المرتفعات ، لا يظل في مكانه ، وانما ينحدر الى الاماكن المجاورة . وتقاس كمية التساقط الثلجي بأذابة عمود وتحديد كمية المياه الناتجة ، ويمادل كل قدم من الثلج نحو بوصة واحدة من الماء ، ولكن هذه النسبة تتراوح كثيرا ما بين ٢٠ الى ١ في الثلج الهش الخفيف ومن ٢ الى ١ في الجليد القديم المتصلب أو الذائب جزئيا .

البرد :

وهو مظهر آخر من مظاهر التساقط ، الا أنه نادر الحدوث ، ويقتصر سقوطه غالبا على مناطق محدودة ، والبرد عبارة عن كرات من الجليد تتراوح أقطارها ما بين ٢ مم و ٢٠ مم ، وقد يكون حجم حبات البرد من الكبر بحيث تؤدي الى تهشيم زجاج النوافذ ، والحاق الضرر البليغ بشمار أشجار الفاكهة . ويحدث سقوط البرد عادة أثناء هبوب عواصف الرعد ، فبعد أن يتكاثف البخار الى قطرات كبيرة من المطر ، فان حركتها الى أسفل ثم الى أعلى تؤدي الى تبخير جزء منها ، فيبرد ما تبقى ويجمد ، فتضاف اليها أغشية أخرى في حركتها الرأسية اذ أنها كلما حاولت السقوط عادت فارتفعت مع حركة التصاعد القوية ، وتستمر هذه العملية مرارا

حتى يزداد وزنها ، ولا تستطيع التيارات الهوائية الصاعدة حملها ، فتسقط الى الارض . ويندر سقوط البرد بالعروض القطبية ، لخلوها من عواصف الرعد ، وكذلك ينذر حدوثه في المناطق الاستوائية ، لانه حتى لو تكون طبقات الجو العليا فانه يذوب قبل أن يصل الى الارض .

انواع التساقط :

إذا كان ارتفاع الهواء هو السبب المباشر لجميع صور التساقط ، فان هناك ثلاثة بواعث رئيسية تؤدي الى رفع الهواء وتبريده هي التصعيد والتضرس والالتقاء ، وينبغي أن نشير هنا الى أن هذه العوامل لا يمكن فصلها الواحد عن الآخر فصلا تاما ، بل غالبا ما يتأزر عاملان أو حتى العوامل الثلاثة بدرجات مختلفة في مكان واحد لرفع الهواء واحداث التساقط .

١ - التصعيد : *convection* : تنشأ أقطار التصعيد أينما وجدت خلايا من الهواء الدافئ المنتشر الى أعلا بفضل خفة وزنه عما يجاوره من هواء ، ولكي تكمل الدورة ينبغي أن تقابل هذه الخلايا أخرى من الهواء الهابط في مواضع أخرى بسبب برودته وارتفاع كثافته . ولكي تبسط هذه الصورة نفترض وجود مساحة واسعة من سطح الارض تتألف من رقاع متباينة بعضها مكشوف وبعضها مزروع بينما تغطي أشجار غابات متكاثفة بعضها الآخر ، فانه عند سطوع الشمس في أحد أيام الصيف القاطئة سوف تتفاوت كمية الطاقة التي يتلقاها سطح الارض بين هذه البقاع وبالتالي ستختلف حرارة الهواء الملاصق لكل منها . فالبقاع المكشوفة اذ تتلقى طاقة أكبر فانها تساعد على تسخين الهواء فوقها أكثر مما حولها ومن ثم ترتفع أعمدة من الهواء عليها ، تشبه انبعاث الدخان رأسيًا من مداخل المصانع ، ويدرك الطيارون المواضع التي يحدث بها الرفع ويستغلونها في الصعود الى مناسيب أعلى . كلما ارتفع الهواء على هذا النحو هبطت حرارته ، ويظل كذلك حتى يصل مستوى تتعادل عنده حرارته مع حرارة الوسط الهوائي المحيط به فيستقر ، فاذا فرض

وانخفضت درجة الحرارة دون نقطة الندى قبل أن يستقر الهواء المتصاعد ، بدأ التكاثف ، وظهرت سحب التراكم على شكل رؤوس بيضاء نشطة الحركة ، تشبه بنات الزهر (القنبيط) ، وباستمرار نمو هذه السحب تحدث عواصف الرعد ويهطل المطر .

حدوث التكاثف يؤدي الى اطلاق سراح الحرارة الكامنة في جزئيات البخار المتكاثف فتعمل هذه الحرارة على تسخين طبقات الهواء التي تمت بها عملية التكاثف ، فيحدث تصعيد آخر ، وهكذا تستمر العملية على مستويات مختلفة ، حتى تنخفض نسبة بخار الماء في الهواء ، أو حتى يبرد الهواء الى درجة لا تساعد على رفعه مرة أخرى . ومن صفات مطر التصعيد أنه يحدث في مناطق محدودة وليس على نطاق واسع ، والسحب المصاحبة لهذا النوع من الامطار هي الركامي أو المزن الركامي ، وتستمر الامطار فترة قصيرة من الزمن ، ولكنها أمطار غزيرة منهمرة ، لذا فهي غير مفيدة كثيرا للمحاصيل الزراعية ، اذ يضيع الكثير منها منسابا فوق سطح الارض ، مما قد يضر التربة ، اذ يؤدي الى جرفها وتعريتها ، وقد تحدث العواصف الرعدية الناتجة عن التصعيد في العروض المعتدلة والباردة وأثناء الساعات الدفينة من النهار ، وذلك في فصل الصيف ، وأهم مناطق سقوط مطر التصعيد هي العروض الاستوائية والمدارية حيث تسقط أمطارها بصورة منتظمة في كل أيام السنة، في ساعات المساء، يمد أن يتم التسخين والتصعيد .

٢ - امطار التضرس : **prographic** : وتعني حرفيا الامطار الجبلية المنشأ ، فالرياح الدائمة وكتل الهواء الاخرى ، كثيرا ما تتعرضها حواجز تضاريسية ، قد تكون جبالا عالية أو هضابا أو حتى تلالا ، ونظرا لطبيعة الهواء كثاف لا يرتد أمام تلك الحواجز بل يحاول أن يركبها ويتخطاها ، وذلك بالصعود على جوانبها وعبور قممها وأسطحها ، ومن ثم فانه يبرد وتتكاثر رطوبته على الجوانب التي تقع في مقتبل الريح ، ولما كان بخار الماء يتركز في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي ، فان امطار التضاريس

قد تستقط لوجود أي عائق حتى إذا كان متواضع المنسوب ، فالاختلاف بين منسوب سطح المحيط والسواحل المطلّة عليه تحدث الاثر التضاريسي المطلوب .

هذا فيما يتعلق بمقتبل الريح من التضاريس ، أما الجوانب الواقعة في منصرف الريح من العوائق الطبوغرافية فيتضاءل نصيبها من الامطار كثيرا ، حتى قد يسودها جفاف شديد ، ويقال لهذه الحالة ظل المطر ، ذلك أن الرياح القادمة تكون قد فقدت معظم حملتها من الرطوبة على سفوح المقتبل ، فإذا ما تخطتها كانت جافة على المنصرف ، يزيد من جفافها في هذه الحالة ما يعتمرها من تسخين كالحال في رياح الشنوك والفوهن .

وليس للمطر التضريسي دورة يومية خاصة ، على نحو ما هو مألوف بالنسبة لامطار التصعيد ، بل انها ترتبط بالدورة العامة للرياح ومن ثم يكون تأثيرها فصليا ، اذا وقع موسم الرطوبة في أحد الفصول . ومثال ذلك جبال الغات الغربية على حافة شبه القارة الهندية ، وجبال الهملايا ، حين تعترض الموسميات الصيفية الهابة على شبه القارة الهندية ، فتسجل أرقاما قياسية من المطر الفصلي ، فإذا ما وصلت تلك الرياح المناطق الواقعة شمال الحاجز الجبلي بالتبت وأواسط قارة آسيا ، كانت شحيحة الامطار .

مثال آخر قارة أمريكا الشمالية خاصة قسمها الغربي في نطاق الرياح العكسية ، فهنا تهب الرياح الرطبة على مدار السنة من المحيط الهادي مسببة أمطارا عيمة على السلاسل الجبلية الساحلية من شمال ووسط ولاية كاليفورنيا ومرتفعات السيرانفادا ، التي يتراوح ارتفاع قممها ما بين ٣٥٠٠ و ٤٠٠٠ مترا ، وتعرض الواجهات الغربية من هذه المرتفعات لتساقط غزير من هذه الرياح ولكن متى عبرت المرتفعات . فانها لا تصيب الجانب الآخر الا بامطار نادرة ، وعلى فترات متباعدة ، وهذا هو سر جفاف صحراء نفاذا والهوامش الشرقية الداخلية من كاليفورنيا ، حيث يبلغ الجفاف أشده في منخفض وادي الموت ، والواقع أن كثيرا من الامطار التضاريسية هي في حد ذاتها من النوع التصعيدي ، التي تنتج عن عواصف

مركزة ، ذات طبيعة انقلابية ، فالرياح حين تضطر لصعود المرتفعات تتسبب في عدم استقرار ظروف الطقس وبالتالي حدوث العواصف الماطرة .

٢- امطار جهات الالتقاء frontal : ويسمى هذا النوع بالمطر الاعصاري cyclonic أيضا لارتباطه بمرور أعاصير تجتذب تيارات هوائية من مصادر مختلفة ، تتباين في درجة حرارتها ، وهذا يؤدي الى حركة صعود بالنسبة للهواء الأدفأ على الهواء الأبرد الأكثر وزنا ، فيحدث التكاثف على طول جهات الالتقاء ، ويكفي أن نذكر هنا بأن شطرا كبيرا من التساقط بالمعرض الوسطى والمعرض العليا يرتبط بالعواصف الاعصارية ، أو بمعنى آخر بالمنخفضات الجوية المتتابعة التي تتحرك شرقا ، وتؤدي الى التقاء هوام مداري بأخر قطبي ، ويلاحظ أن التقاء الهواء بالنطاق الاستوائي لا يكون له مثل هذا التأثير ، ولا ينتج عنه تساقط اعصاري ، لان كتل الهواء التي تتقابل في هذه المعرض تكون مشابهة في حرارتها ورطوبتها .

عواصف الرعد :

عبارة عن عواصف محلية يصحبها رعد وبرق ومطر منهمر ينصب فجأة كأفواه القرب ، متركزا في فترة زمنية قصيرة ، وغالبا ما يسبق هذه العواصف هبات عنيفة من الرياح السطحية ، رغم أن حركة الهواء بها تكون أساسا حركة رأسية ، وقد أجريت على هذه الظاهرة الكثير من الدراسات بواسطة استخدام الطيران ، بالتعاون مع محطات الارصاد الارضية ، والاجهزة المركبة بالونات اختبار الطقس، وشاشات الرادار، وثبت منها أن معظم عواصف الرعد تتألف من عدد من الخلايا يكون الهواء في بعضها صاعدا ، بينما تفسح الاخرى المجال أمام أعمدة من الهواء الهابط ، وتمر كل من هذه الخلايا بدورة حياة معينة ، ولكن قبل أن تنفص واحدة منها تكون أخرى في سبيلها الى الظهور ، حتى أن العاصفة

الواحدة تشتمل في المعتاد على أجيال من هذه الخلايا تمثل جميع الاطوار .

وتبدأ هذه الاطوار بنشأة عامود صاعد من الهواء باستمرار ، تتوجه سحابة من النوع الركامي ، ويسحب هذا العامود الهواء المجاور له أثناء ارتفاعه ، ولكن حالما تبلغ الخلية مرحلة النضج ، تهطل الامطار ، ويصحب ذلك ارتداد جزء من الهواء الى أسفل في صورة تيار نازل ، ينتشر متى وصل الارض كهواء سطحي بارد ، في هبات عنيفة تؤذن بهطول المطر ، وعندما يمتد هذا الهواء ليغطي كل مساحة سطح الارض تحت الخلية الصاعدة ، فان هذا يعني مرحلة الانخفاض أو التلاشي بالنسبة لها ، وعندها تنتشر فوق البقعة سحب عالية ، وفي نفس الوقت تتكون خلية جديدة اذا كانت العاصفة من النوع المركب ، ومن ثم يستمر نشاطها ويتجدد .

وقد لوحظ أن سرعة الهواء بالاعمدة الصاعدة قد تبلغ مائتي كيلومتر في الساعة ، من واقع حجم كرات البرد التي تصل أقطارها ثمانية سنتيمترات أو أكثر ، فتللك الكرات الكبيرة لا يمكن أن تبقى عالقة في الهواء أثناء تكونها ما لم تكن الرياح بهذه السرعة ، والهواء الساخن هو وقود الحركة في عواصف الرعد ، لانه وحده قادر على التحمل بالرطوبة ، ولانه بسبب خفته قادر على التمدد والصعود ، ولهذا فان مثل هذه العواصف تكثر بالمروض الدنيا ، وتندم بالمروض القطبية ، ولا توجد الا صيفا بالمروض الوسطى .

عواصف الرعد على أنواع حسب أسباب نشأتها ، من أشيعها ما ينشأ بسبب تسخين سطح الارض والهواء الملاصق له ، خاصة اذا توافرت كميات مناسبة من الرطوبة . مما يتبعه تكون تيارات صاعدة ، تتبعثر فوق مساحات واسعة على نطاق اقليمي ، وتنشط هذه العواصف عادة في الساعات المتأخرة من النهار ، بعد أن يكون الهواء السطحي قد بلغ أقصى درجات التسخين .

وثمة نوع آخر ينشأ بسبب برودة الطبقات العليا من الهواء وأسقف
أغطية السحب ليلا بفعل الاشعاع السريع للفضاء الخارجي، وبالتالي تهبط
تيارات باردة الى أسفل ، دافعة محلها كتلا من الهواء السطحي الدافئ ،
فيخرج الطقس عن استقراره ، وتنشأ العواصف في ساعات الليل المتأخرة .
ومن هذه العواصف أيضا ما يصاحب الامطار التضاريسية ، كالحال في
موسميات جنوب شرق آسيا عند تسلق الرياح جبال الهيمالايا، ومنها كذلك
ما ينشأ على الحواف الجبلية للاحواض الصحراوية الداخلية ، كالحال في
الحوض العظيم بالولايات المتحدة ، حيث يقتزن صعود الهواء على هذه
الحواف بظهور سحب بيضاء لا تسبب عواصف محلية .

الخصائص العامة للتساقط :

ليس المهم هو معرفة كمية الامطار الساقطة على بقعة ما فحسب ، بل
ان موسم السقوط واحتمالات المطر ، ومدى تركزه أو تشتته وامكانية
الاعتماد عليه ، كلها أمور توضع في الحسبان بالنسبة للدراسات المناخية ،
واذا كان سطح الارض ككل يتلقى سنويا من المطر ما يكفي لان يغطي
جميع بقاعه بخلاف من الماء سمكه نحو متر فان التوزيع الحقيقي صورة
مختلفة تماما ، فكمية التساقط تتباين كثيرا من مكان لآخر ، فعلى حين
تتحرق مساحات واسعة للمطر فلا يسقط بهاسنويا سوى سنتيمترات قليلة
تعد على أصابع اليد الواحدة ، نجد أن القليل من المحطات يفرقها المطر
فتسجل مئات السنتيمترات ، ومنها على سبيل المثال بعض محطات شمال
الهند حيث يزيد التساقط على عشرة أمتار سنويا .

فصلية الامطار : قد تتوزع الامطار على مدار السنة في بعض الاقاليم،
كالحال بالجهات الاستوائية والجوانب الغربية من القارات في العروض
دون القطبية ، حيث لا يخلو شهر من شهور السنة من المطر ، وان كان
معدل التساقط في بعض الشهور يزيد على بعضها الآخر ، مما يسبب ذروة
أو أكثر . والى جانب ذلك قد تتركز الامطار في بعض فصول السنة بشكل
واضح ، كالامطار الشتوية بأقاليم طراز مناخ البحر المتوسط ، أو الامطار

الصيفية الغزيرة بالجهات الموسمية . وقد تؤثر فصلية المطر أو توزيعه على مدى فعاليته ، فالامطار الصيفية في بعض الجهات يضيع جزء كبير منها بالبخر ، في حين أن الامطار والثلوج الشتوية قد تكون قليلة الجدىو بالنسبة للنبات ، بسبب شدة البرودة ، وتوقف النمو في العروض العليا والقطبية أثناء فصول الحرارة الدنيا . أما بالعروض المدارية حيث الحرارة عالية على مدار السنة ، فانه لا يهم كثيرا في أي فصل من الفصول تسقط الامطار .

درجة الاعتماد على المطر : في كثير من بقاع العالم تقوم الزراعة على المطر ، وإذا كان من المفيد معرفة الكميات المطلقة ، ومواعيد بداية موسم التساقط ونهايتها ، فان كل ما لدينا في الغالب هو معدلات أو متوسطات حسابية لكميات الامطار التي هطلت خلال عدد من السنين . ولكن يلاحظ أن الكميات التي تسقط فعلا في السنوات المختلفة قد تفتقر كثيرا عن المعدل اما بالزيادة أو النقصان ، وكلما زاد هذا الافتراق عن المعدل في محطة ما كان معنى ذلك أن الامطار في هذه المحطة لا يعول عليها كثيرا ، فهي تارة تشح حتى قد يهلك الزرع وقطعان الحيوانات بالمراعي ، وأخرى تسخر لدرجة الفيضان أو الطوفان المدمر ، وقد لوحظ بصفة عامة أن التفاوت بالاقاليم الرطبة ذات المطر الغزير ، أقل منه بالاقاليم الجافة وشبه الجافة ، ولذا فانه يلزم الحصول على معدلات لعدد كبير من السنوات قد تصل أكثر من ٣٥ سنة بالنسبة للجهات الجافة ، قبل الخروج بمعدل معقول يبرز واقع التغيرات في مثل هذه الجهات ، أما المناطق الرطبة فقد يكفي لحساب المعدل بها معرفة كميات الامطار خلال عشر سنوات أو نحو ذلك .

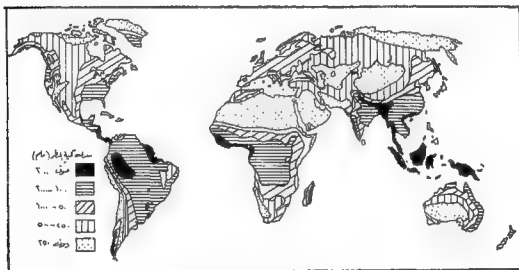
احتمالات التساقط وتركيزه :

في هذا الخصوص يهمننا معرفة متوسط عدد الايام التي يسقط بها المطر في السنة ، واليوم المطر هو الذي يسقط به على الاقل ٢٥ مم من المطر خلال ٢٤ ساعة ، وبمقارنة ذلك بالمعدل السنوي في أية محطة يمكن حساب نسبة التركيز ، ففي لندن مثلا تتوزع الامطار السنوية البالغة

٦٢٠ مم على ١٦٦ يوما ممطرا ، بينما في تشيرا يونجي بالهند يتوزع المطر السنوي ومقداره عشرة أمتار على ١٥٩ يوما ممطرا فقط ، معنى ذلك أن نسبة التركيز في المحطة الأخيرة أضعاف نظيرتها في لندن ، أما احتمالات المطر فهي نسبة عدد الايام الماطرة الى عدد أيام السنة ، وهذه النسبة تهم الزراع اذ من الواضح أنه كلما تدنت النسبة كلما قلت ملائمة الظروف للانتاج .

التوزيع الجغرافي للتساقط

يوضح ذلك على خرائط للعالم بواسطة خطوط تشبه في طريقة انشائها خطوط الحرارة أو خطوط الضغط المتساوي ، وتعرف الخطوط في هذه الحالة بخطوط المطر المتساوي isohyets ، وكل منها يمر بجميع البقاع التي تسقط بها نفس الكمية الموضحة رقميا عليه ، فإذا تفحصنا خريطة من هذا النوع (شكل ٧٠) لاحظنا وجود نطاق غزير المطر تزيد به



شكل (٧٠) توزيع المطر السنوي

المعدلات عن ١٠٠ مم سنويا ويتفق هذا النطاق مع العروض الاستوائية حيث الحرارة عالية على مدار السنة ، والتبخر سريع من مسطحات محلية

شامسة ، كفيلة بأن تضيف كميات هائلة من البخار للهواء ، الذي يسبب عدم استقرار الطقس ، وسرعة التصعيد والانقلاب ، وما يصحب ذلك من عواصف رعد .

وقد يتدخل العامل الاورجرافي ممثلا في العديد من السلاسل الجبلية والمرتفعات ، فتزداد المعدلات السنوية كثيرا . من ناحية أخرى تشجع الامطار بشكل ملحوظ بمراكز الضغط المرتفع شبه المدارية ، بسبب هبوط الهواء وتسخينه ، ولذا فان صحارى شمال افريقيا والصحارى العربية وايران وصحراء غرب استراليا وجنوب غرب افريقيا وغرب أمريكا الجنوبية تتفق في توزيعها مع هذه النطاقات ، ولكن ينبغي أن نلاحظ أن الرياح التجارية لا تعني بالضرورة جفاف مناطق نفوذها جميعا ، فحيثما أقبلت هذه الرياح من المحيط وصادفت ساحلا متضرسا ، سببت كميات عالية من تساقط التضرس ، وكمثال على هذا منطقة أمريكا الوسطى وجزيرة مدغشقر حيث تهطل على السواحل الشرقية بكل منها ما يزيد على ١٠٠ سم من المطر في المعدل تجلبها التجارية .

في نطاق الرياح الموسمية يزداد المطر بشكل ملحوظ بالمناطق الجبلية المرتفعة ، ويتضح ذلك بجبال الهيمالايا وامتدادها نحو الجنوب حتى ماليزيا ، وأيضا مرتفعات الغات الغربية على الجانب الغربي لشبه القارة الهندية ، وكذلك تتلقى السلاسل الجبلية في الجزر الاوندونيسية أمطارا أوروغرافية عالية ، بفضل تعرضها للموسميات الآسيوية بنصف الكرة الشمالي ، وللموسميات الاسترالية الهابة على نصف الكرة الجنوبي .

يبدو أثر المكسيات الغربية الرطبة في العروض الوسطى ما بين خطي عرض ٣٥ ، ٦٠ شمالا وجنوبا ، فهنا تمتد أشرطة من مناطق الامطار الغزيرة بمحاذاة السواحل الغربية للكتل القارية ، من أبرزها السواحل الجنوبية لشبه جزيرة ألaska وكولمبيا البريطانية في أمريكا الشمالية ، ثم سواحل جنوب تشيلي في أمريكا الجنوبية ، وفي الحالاتين للعامل الاورجرافي أثره حين تعترض الجبال الرياح الرطبة القادمة من المحيط الهادي . والى

نفس النوع تنتمي الجهات الغربية من قارة أوروبا ، غير أن تواضع منسوب الجبال هنا تتبعه قلة نسبية في الامطار .

وفي نطاق نفوذ هذه الرياح تسود مناطق شبه جافة أو صحراوية بجهات ظل المطر خلف الحواجز الجبلية المنيعة في نصف الكرة الغربي كصحراء بتاجونيا بأمريكا الجنوبية ، وصحراء نفاذا بالولايات المتحدة الأمريكية . أما النظير الاوربي لهذه الجهات الجافة فيتمثل في الشطر الشرقي من شبه جزيرة آيبيريا ، ولكن التأثير الحقيقي للبعد عن المؤثرات البحرية لا يظهر بوضوح الا اذا أخذنا بعين الاعتبار أوراسيا ككل ، فهنا نلاحظ جفاف الداخل القاري كما تبديه صحارى وسط آسيا التي تحجب عنها الجبال في الجنوب تأثير الموسميات ، كما يتضامل أثر الغريبات بالتوغل في قارة أوروبا .

كل من شرق الولايات المتحدة الأمريكية وشرق آسيا بما في ذلك اليابان والشطر الاكبر من الصين وكوريا ومنشوريا جهات وفيرة الامطار، رغم وجودها في منصرف الرياح الغربية ، وتفسير ذلك هو وقوع تلك الجهات في ممر كتل من الهواء المداري الرطب صيفا كجزء من الدورة الموسمية العامة .

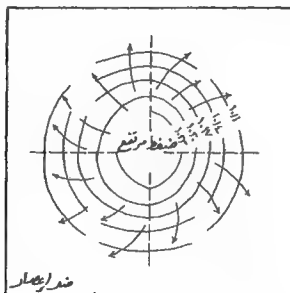
أما المناطق القطبية فحظها من التساقط قليل ، فالجو هنا من البرودة بدرجة لا تسمح للهواء بالتحمل الا بقدر نادر من الرطوبة ، غير أن قلة التبخر تحفظ الماء ورطوبة التربة الناتجة عن ذوبان ثلوج الشتاء .

الاعاصير وكتل الهواء وجهات الطقس

الاعاصير واخذانها :

يرتبط الطقس القائم الممطر غير المستقر بكل من العروض العليا والوسطى بمرور الاعاصير cyclones وهي عبارة عن منخفضات جوية تتحرك في مسارات معينة وتجذب الرياح نحو مراكزها من كافة الاتجاهات، مما يسبب التقاء تيارات من الهواء ، تختلف في خصائصها ، ومن ثم

يحدث التصعيد والتبريد لبعض كتل الهواء التي يتكاثف ما بها من بخار ويسقط أمطارا وثلوجا ، وفي نصف الكرة الشمالي يكون اتجاه الرياح التي تقصد هذه المراكز من الضغط المنخفض على شكل دوائر تعمل في اتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة ، وعلى النقيض من ذلك ترتبط ظروف الطقس المعتدل المشمس في نفس العروض بأضداد الأعاصير anticyclones وهي عبارة عن مراكز الضغط المرتفع تشغل قلوبها أعمدة من الهواء الهابط المسخن تفترق عند سطح الأرض مشكلة رياحا خارجة في كافة الاتجاهات ، على هيئة دوامات هوائية ، يتفق اتجاه الحركة فيها مع دورة عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي (شكل ٧١) .



شكل (٧١)

وتتراوح الأعاصير كثيرا من حيث حدتها ، فبعضها قد يكون من الضعف بدرجة تجعلها تمر ولا يكاد يشعر بها أحد ، ولا ينجم عنها سوى طقس غائم ورذاذ خفيف ، ولكن في كثير من الأحيان يكون المنحدر البارومتري وعرا ، وبالتالي تشتد هبات الهواء صوب مراكز المنخفضات مشكلة عواصف حقيقية ، ويمكن تصنيف الأعاصير الى ثلاثة أنواع هي

أعاصير العروض العليا والوسطى ، وتتفاوت في شدتها بين ضعيف وعاصف ، ثم أعاصير العروض المدارية خاصة فوق الاحواض المحيطية ، وقد تبلغ من العنف درجة تسبب الخراب والدمار حين تضرب اليابس كالحال في عواصف التيفون والهيكن وأخيرا هنالك زوابع التريندو المحلية ، وهي برغم صغرها الا أنها دائما غاية في العنف .

لقد كان التفسير الدارج لطقس العروض الوسطى فيما بين ٣٥ ، ٦٥ شمالا وجنوبا بصفة خاصة يفهم على أساس مرور سلسلة من المنخفضات الجوية أو الأعاصير تفصل بينها أضداد أعاصير ، توضح على خرائط الطقس اليومي بخطوط الضغط المتساوي المغلقة ، وتستهلك هذه المنخفضات والمرتفعات مسارات غربية شرقية بحيث يمكن تتبع حركتها والتنبؤ بمواضعها من يوم الى يوم ، فالمنخفضات أو الأعاصير تتألف من مراكز انخفاض بارومتري بيضاوية الشكل تمتد محاورها الطولية من الجنوب الغربي الى الشمال الشرقي ، وغالبا ما تغلق خطوط الضغط حولها بحدة في أطرافها الجنوبية أو الجنوبية الغربية ، متخذة شكل الحرف اللاتيني (V) ، الذي يعني وجوده فوق بقعة ما نشاطا متزايدا لرياح متغيرة الاتجاه ، تهب أول الامر من الجنوب فالجنوب الشرقي وأخيرا تتحول الى شمالية غربية ، ويرتبط بهذا النطاق نشاط رعدي يعقبه هبوط مفاجيء في درجات الحرارة عندما تهب الرياح من الربع الشمالي الغربي ، وتتراوح أقطار هذه المنخفضات بين ٧٥٠ و ١٧٥٠ كيلومترا وتسافر بسرعة ٥٠ كيلومترا في الساعة ، وفيما بين هذه المنخفضات تسود ظروف ضد الأعاصير وتعني مراكز من الضغط المرتفع تقترب من بطقس بارد صاف وهوام جاف .

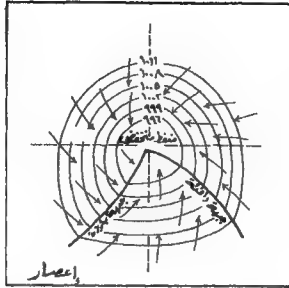
الكتل الهوائية :

لم يكن التفسير البسيط على النحو السابق كافيا لاجلاء غوامض الكثير من مظاهر الطقس حتى أتى العالم النرويجي بركنز Byerknes

بنظرية جديدة خلال فترة الحرب العالمية الاولى ، مؤداها أن هناك خط التحام بين الهواء القطبي البارد على سطح الكرة الارضية ، وبين الهواء المداري الدافئ الرطب ، أطلق عليه اسم الجبهة القطبية Polar Front مستخدما لفظ الجبهة من واقع أحداث الحرب لما هناك من تشابه بين ما يحدث حين تلتقي كتلتان من الهواء المختلف الخصائص فتتصارعان ، وبين التحام الجيوش المتطاحنة في جبهات بغرب أوروبا أثناء الحرب في ذلك الوقت ، فكتل الهواء حين تلتقي كالجيوش فانها لا تختلط بل تتدافع على حلول جبهة الالتقاء ، مكونة دوامات هوائية هائلة ، يكر بعضها فوق البعض دون امتزاج ، كما قد يطوق الهواء البارد جيوبا من الهواء الدافئ فيمزلها .

وفي أول الامر تتقدم كتل الهواء من اتجاهين متعارضين يفصل بينهما خط مستقيم الى حد ما ، ويكون الهواء القطبي قادما من الشمال في نصف الكرة الشمالي بينما يقبل الهواء المداري من الجنوب ، وحين تنزوي الكتلة الباردة نطاق الهواء الدافئ ينشأ ما يعرف بالجبهة الباردة، ونظرا لثقل الهواء البارد فانه يظل قريبا من سطح الارض في حين يرتفع الهواء الدافئ فوقه ، ويرتبط بالجبهات الباردة اضطراب شديد في الطقس وحدوث عواصف رعدية، أما الجبهات الدفيئة فتحدث عندما يغزو الهواء المداري نطاق الهواء القطبي فيظل الهواء البارد قريبا من سطح الارض و يصعد الهواء الدافئ . ولكن في هذه الحالة تكون ظروف الطقس مستقرة نوعا ، غير أنه اذا نشأت خلايا تصعيد بالهواء المرفوع حدثت عواصف رعد من النوع الذي أشرنا اليه سابقا تحت اسم عواصف الالتقاء .

تتحرك الجبهات الباردة فوق سطح الارض بسرعة أكثر من الجبهات الدفيئة ولذا فانهما متى اقتربا طغت الجبهة الباردة على الدفيئة ، وتحل محلها على سطح الارض رافعة اياها بما تشمله من هواء دافئ الى أعلى ، فتمزؤها وتتغلب عليها ويؤذن هذا بانتهاك الاعصار (شكل ٧٢) .



شكل (٧٢)

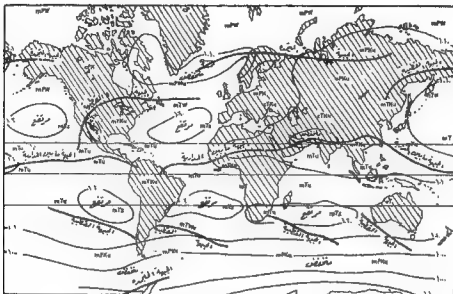
الكتل الهوائية هي دعامة النظرية السابقة التي تفسر ظواهر الطقس على أساس الاعاصير الناشئة من جبهات الالتقاء ، والكتلة الهوائية عبارة عن جسم هوائي هائل متجانس في حرارته ورطوبته ، وتكتسب كتل الهواء هذه الخصائص في أقاليمها المصدرية حيث يظل الهواء فوقها مددا كافية ، فيتشبع بعضها بالرطوبة والحرارة لو أنها نشأت فوق مساحات مائية مدارية ، أو تتدنى حرارتها ورطوبتها متى استقرت زمنا بجبهات قطبية باردة قارية ، وتوجد أهم مناطق تكون هذه الكتل بنطاقات الضغط المرتفع حيث الهواء راكد وحركته رأسية ضعيفة ، من أمثلة ذلك سهول سيبيريا وشمال كندا في فصل الشتاء والصحراء الكبرى في فصل الصيف .

لا تظل الكتل الهوائية بأماكنها بل تتحرك خارجة من الاقاليم المصدرية وأثناء ذلك تعترها تغيرات طبيعية فتكتسب الحرارة والرطوبة أو تفقدتها تبعاً لخصائص المسطح الذي تتحرك فوقه لمسافات قد تبلغ آلاف الكيلومترات بعيداً عن المصادر ، ومع هذا تظل هذه الكتل محتفظة بشيء من خصائصها ، فكتل الهواء القطبي البارد عندما تصل في رحلتها العروض المدارية تجلب إليها موجات من البرودة المحسوسة .

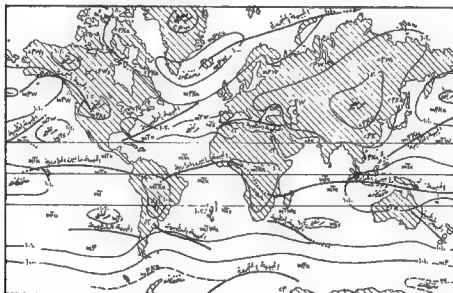
تنقسم الكتل الهوائية الى نوعين : قارية وتميز بالحرف (C) وبحرية وتميز بالحرف (m) ، كما أنها تنقسم أيضا على أساس عروض النشأة ككتل مدارية (T) وأخرى قطبية (P) ، وإذا كانت الكتلة الهوائية تتصف بالاستقرار بسبب انخفاض حرارة الهواء دون المعدل المادي وكان احتمال سقوط أمطار منها ضعيفا يرمز اليها بالحرف (s) ، أما إذا كانت غير مستقرة رمز اليها بالحرف (u) ، وأخيرا إذا كانت الكتلة الهوائية أبرد من السطح الذي تمر عليه رمز لها بالحرف (k) ، أما إذا كانت أدنا استعمل الحرف (w) ، ومجموع هذه الحروف يعطى الصفات العامة المشخصة لخصائص الكتلة ، فمثلا (CPSK) معناها أن كتلة الهواء قطبية قارية مستقرة وباردة ، أما إذا رمزنا الى كتلة هوائية أخرى (MTUS) كان معناها كتلة هوائية مدارية بحرية غير مستقرة ودفيئة . وبالإضافة الى هذه الاقسام الرئيسية للكتل الهوائية يوجد نوعان آخران وان كان انتشارهما جغرافيا محدودا ، وهما الكتل الهوائية المتجمدة (A) والاستوائية (E) . وكأمثلة على توزيع هذه الكتل يحسن أن نناقش ما يؤثر منها على ملقس بعض القارات (شكل ٧٣ و ٧٤) .

١ - أوروبا :

إذا استثنينا الاراضي الروسية فان القارة الاوروبية تفتقر الى أقاليم مصدرية حقيقية لكتل الهواء ، فالقارة في الواقع ليست سوى نطاق انتقالي تعبّره كتل الهواء المختلفة فتتمدد خصائصها أثناء الرحلة ، ويتحكم في مناخ هذه القارة كتل الهواء القطبي البحري الآتية من المحيط الاطلنطي شتاء ، والتي تكون على درجات متفاوتة من حيث عدم الاستقرار وفقا لمساراتها ، فضلا عن هذا فانها حينما تضطر للصعود تضاريسيا أو الانزلاق فوق كتل هوائية أخرى أقل حرارة منها ، فانها تسبب مطرا وفيرا ، غير أنها تبرد بسرعة كلما أوغلت في داخل القارة حتى تصل في النهاية مرحلة الاستقرار فوق الاراضي الروسية ، على النقيض من ذلك تكون هذه الكتل القطبية البحرية في فصل الصيف أكثر استقرارا ، بيد أنها



شكل (٧٣) الكتل الهوائية والجيئات في يونيو



شكل (٧٤) الكتل الهوائية والجيئات في يناير

عندما تعبر القارة وتسخن طبقاتها السفلى يحدث تصعيد ، وتخرج عن استقرارها ، مسببة طقساً غائماً يصحبه رذاذ .
 أما كتل الهواء القطبي القاري (CP) فهي أكثر ظهوراً بشرق القارة

ووسطها عن غربها ونظرا للدورة العامة للرياح من الغرب الى الشرق في تلك العروض فان السبيل الذي تسلكه كتل الهواء القطبي القاري ليس سهلا ، والاقليم المصدرى لهذه الكتلة هو الاراضي السوفيتية المنطاة بالثلوج شتاء وامتدادها في فنلند ، وتجلب هذه الكتلة موجات من البرد الشديد الى المناطق التي تصلها ، فتهدب الحرارة الى ٢٠ ف في اراضي الراين ، ويصل تأثيرها الى البلقان وتركيا ، وأحيانا أقطار شرق البحر المتوسط . أما في الصيف فان تأثير الهواء القطبي القاري يقتصر على الاجزاء الشمالية من القارة .

يتأثر غرب أوروبا كذلك بكتل الهواء المداري البحري (MT) شتاء ، ويكون مصدره الجوانب الشمالية والشرقية من نطاق الضغط المرتفع شبه المداري على المحيط الاطلنطي ، ولكن نظرا لقدوم هذا الهواء من جهات أدفا من مقصده ، فانه يزداد استقرارا كلما أوغل شمالا فوق مياه باردة الا أنه على أية حال يظل أدفا وأرطب من الهواء القاري القطبي ، أما في الصيف فتكون هذه الكتلة المدارية البحرية أكثر استقرارا منها في الشتاء ، ويقتصر تأثيرها على جنوب قارة أوروبا فقط .

في فصل الشتاء يصبح حوض البحر المتوسط بؤرة التقاء لعدد من الكتل الهوائية منها القطبي البحري والقطبي القاري ، وكلاهما من مصادر أوروبية ، ومنها المداري القاري (CT) ومصدرها شمال أفريقيا ، وتعديل خصائص هذه الكتلة بدخولها مياه البحر المتوسط الدفيئة ، وغالبا ما يؤدي ذلك الى عدم استقرار الطقس ، وتقتزن هذه الاحوال بنشأة أعاصير تجلب الامطار الشتوية للأقطار المطلة على البحر ، وفي الصيف يصبح البحر المتوسط مصدرا لكتل من الهواء المداري البحري تخرج منه على شكل ضد اعصار هواؤه جاف ، ولذا تقل احتمالات التساقط .

٢ - آسيا :

يتعرض وسط آسيا وشرقيها شتاء لكتل الهواء القطبي القاري الخارج

من مركز ضد الاعصار السيبري الهائل ، وعند هبوط الهواء على جوانب المنحدرات الجبلية في طريقه جنوبا وشرقا نحو الصين والاراضي المجاورة ، فان خصائصه تتغير ، فالى الجنوب من حوض اليانجتسي يتصل الهواء القاري القطبي بكتل الهواء المداري البحري ، فتتكاثر السحب ، خاصة بعد مرور الهواء البارد فوق مياه البحار كالحال في بحر اليابان ، ومن ثم فانه يتحول الى حالة من عدم الاستقرار ، خاصة عند صعوده واجهات الجبال الغربية بتلك البلاد ، فيسقط كميات وفيرة من الثلوج .

أما بالنسبة للهند فان طوق الجبال المنيع بشمالها يحميها من هبات الهواء القطبي العنيفة ، وما يصحبها من موجات برد قارس ، وفي الصيف تقتصر كتل الهواء القطبي القاري على سيبيريا وشمال الصين ، حين تتوغل كتل الهواء المداري البحري مكونة جبهة التحام قطبية ، ويصبح شرق القارة وجنوبها منطقة نفوذ خالصة للهواء المداري البحري الدافئ الرطب غير المستقر ، كما تساهم في هذا كتل الهواء الاستوائية التي تتكون بنطاق التقاء التجاريات ، ويتوغل هذا الهواء على اليابس يزداد تسخينه وعدم استقراره ، فيهطل مطرا من كافة الانواع الالتقائية والتصادمية والتضاريسية ، وفي الشتاء تمجز هذه الكتل عن التوغل بسبب عنف ضد الاعصار .

٣ - أمريكا الشمالية :

تنشأ كتل الهواء القاري القطبي ١ ، بقارة أمريكا الشمالية فوق شمال وسط كندا ، ولذا فانها تتميز بشدة الجفاف والبرودة ، وتمتد منها السنة تتحرك جنوبا وشرقا من ذلك الاقليم المصدرى أثناء دورات على فترات تصاحبها أصداد أعاصير شتوية قارسة البرودة ، تسفر عن سموات صحو ، أما على شمال الاطلنطي ومضيق يرنج فتتشأ كتل بحرية قطبية تتشبع بالرطوبة والدفع أثناء استقرارها ورحلتها فوق الماء شرقا ، حتى تصل الساحل الغربي للقارة ، فتخضع بأمطار غزيرة وطقس مضطرب .

فوق شمال المحيط الاطلنطي تنشأ كتل هوائية بحرية رطبة ، وتؤثر على قارة أوروبا ، وأحيانا على شمال شرق الولايات المتحدة ، حين تجذبها أعاصير شرقية الى اقليم نيوانجلند ، ولكن أثرها لا يمتد جنوبا فيما وراء هذا الاقليم .

تتأثر الولايات الوسطى والشرقية من الولايات المتحدة الامريكية بكتل من الهواء البحري المداري مصدرها خليج المكسيك ، هذه الكتل عندما تتحرك شمالا وتسيطر على الطقس في فصل الصيف فانها تجلب رطوبة وفيرة ويقترن غزوها بعواصف رعد ، كما تند الى هذه الجهات كتل مشابهة مصدرها المحيط الاطلنطي شرق شبه جزيرة فلوريدا وتمر بجزر الباهاما . أما على اليايس القاري في فصل الصيف فتتشأ كتل من الهواء المداري القاري فوق المكسيك وغرب ولايات تكساس ونيومكسيكو وأريزونا ، غير أن هذه الكتل لا تتحرك كثيرا بعيدا عن المصدر ، وبناء على هذا فهي ضابط مناخي محلي محدود الاثر . ومن ناحية أخرى تنشأ فوق مياه المحيط الهادي بخلية الضغط المرتفع شبه المداري جنوب غرب شبه جزيرة كاليفورنيا كتل رطبة تؤثر على جنوب ولاية كاليفورنيا في فصل الشتاء فقط .

جبهات الطقس على ثلاثة أنواع :

١ - الجبهة المدارية :

وتنشأ في عروض قريية من خط الاستواء نتيجة لتلاقي كتل الهواء المداري الآتية من الشمال والجنوب بنصفي الكرة ، ونظرا لان هذه الكتل لا تختلف في خصائصها كثيرا فان الاضطرابات الجوية الناتجة عنها ضعيفة وأثارها المناخية محدودة .

٢ - الجبهة القطبية :

وتبدو كمجموعة من الجبهات ، يتكون بعضها فوق اليايس ، وبعضها

الأخر فوق الماء ، وتتفاوت الكتل الهوائية التي تلتقي في هذه العروض من ناحية حرارتها ورطوبتها ، لان بعضها قادم من عروض مدارية ، فتكون حرارته مرتفعة ورطوبته عالية ، في حين يأتي بعضها الآخر من عروض قطبية ، أكثر برودة وأقل رطوبة ، ويؤدي تقابل هذه الكتل المتباينة الى حدوث اضطرابات جوية عنيفة تسود أثارها العروض التي تتأثر بها .

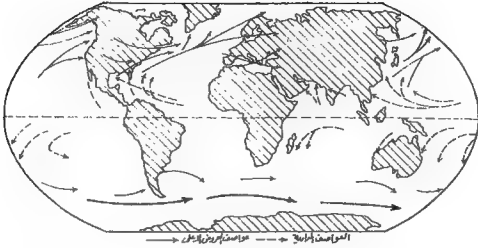
٣ - الجبهة المتجمدة :

وتوجد في العروض العليا بالقرب من الدائرتين القطبيتين ، حيث يلتقي الهواء القادم من القطبين ، مع الهواء القادم من العروض الوسطى، ونشاط هذه الجبهات ضعيف بصفة عامة .

جميع هذه الانواع من الجبهات تتحرك شمالا وجنوبا مع حركة الشمس الظاهرية صيفا وشتاء ، فالجبهة المدارية تقع شمال خط الاستواء بقليل في فصل الصيف الشمالي ، والى الجنوب منه في فصل الشتاء ، ويلاحظ أن القسم الاعظم منها يمتد فوق الماء ، أما الجبهة القطبية فانها تتحرك جنوبا في فصل الشتاء فيتأثر بها حوض البحر المتوسط ، وجزء كبير من المحيط الاطلنطي ممتدا من جزر أزور حتى خليج المكسيك ، والعروض المشابهة على الجانب الشرقي من المحيط الهادي ، وبالنسبة لنصف الكرة الجنوبي فان هذه الجبهة خط التقاء كتل هوائية بحرية على مدار السنة ، ويظهر تأثير الجبهة المتجمدة في نصف الكرة الشمالي شتاء حتى جزيرة نوفايا زمليا ، أما صيفا فيمتد الى جزيرة جرينلند .

الاعاصير المدارية :

وهي من أشد العواصف عنفا وتعرف بأسماء محلية كالهريكين Hirricane بمنطقة البحر الكاريبي ، والتيفون Typhoon ببحر الصين وحول جزر الفلبين ، والويلي ويلي Willy Willy بالمحيط الهادي الجنوبي الى الشرق من قارة أستراليا (شكل ٧٥) .



شكل (٧٥) العواصف المدارية

تنشأ هذه العواصف فوق المحيطات فيما بين خطي عرض ٨ ، ١٥ شمالا وجنوبا ، وتبدأ بتكون منخفضات جوية تزداد عمقا كلما أوجلت غربا في نطاق الرياح التجارية ، أما مصدر الطاقة فهو السطح الساخن لمياه المحيطات صيفا ، حيث تزيد حرارة الماء على ٨٠ ف ، فيسخن الهواء الملامس لهذه المسطحات بسرعة ، ويسبب التقلب والاضطراب وتولد الاعاصير ، ومتى تكون اعصار من هذا النوع ، فانه يتحرك غربا مع انحراف تجاه القطب في نطاق الرياح التجارية ، ثم شرقا حتى يبلغ نطاق الرياح العكسية .

ويتألف الاعصار المداري من مركز لضغط شديد الانخفاض دائري الشكل ، تقتحمه رياح شديدة السرعة ، مقرونة بمطر منهمر ، وتتراوح أقطار هذه الاعاصير بين ١٥٠ و ٥٠٠ كيلو مترا وسرعة الرياح فيها بين ١٠٠ و ٢٠٠ كيلومترا في الساعة أو أكثر ، كما أن الضغط البارومتري غالبا ما يهبط الى ٢٨,٥ بوصة أو ٩٦٥ ملليبار ، وحتى أدنى من ذلك في عين الاعصار .

وللاعصار المداري دورة حياة تبدأ بهدوء شديد في اليوم السابق على العاصفة ، مع ارتفاع محسوس في الضغط البارومتري ، بينما

تكسو السماء سحب رقيقة عالية ، تسبب تكون هالة حول الشمس والقمر ، واحمرار قان للشفق عند الغروب ، وفي اليوم التالي يبدأ الضغط الجوي في التدني فجأة ، ويظهر في الافق حائط هائل من سحب سوداء ، وتهطل الامطار ، وتهب الرياح بعنف رافعة الامواج كالجبال ، وتنخفض الرؤية بسبب الرشاش والمطر والسحب الى درجة الصفر ، تستمر هذه الظروف المخيفة بضع ساعات ، يتبعها انقشاع السحب ، وهجوم الجو ، وأحيانا ارتفاع حاد في الحرارة ، ولكن الضغط البارومتري يسجل أدنى قراءاته ، فيكون هذا ايذانا بوصول قلب الاعصار ، وهو قلب يكاد يكون مفرغا على نحو قلب دوامة الماء التي تظهر عند فتح سدادة مصرف مفصلة مليئة بالماء ، وتستمر فترة الهدوء هذه مدة نصف ساعة ما تلبث الرياح بعدها أن تعصف من جديد ، وتظهر الغيوم السوداء وتستمر هذه النوبة الثانية بضع ساعات أخرى قبل أن تهدأ حدتها ، في هذه البقعة ، فيبارحها الاعصار ليواصل سيره الى بقعة أخرى تعاني نفس التجربة الرهيبة .

وتتوزع الاعاصير المدارية على النحو التالي :

- ١ - منطقة جزر الهند الغربية والبحر الكاريبي وخليج المكسيك حيث الهريكين .
- ٢ - الجانب الغربي من الحوض الشمالي للمحيط الهادي مشتملا جزر الفلبين وجزر اليابان وبحر الصين وهنا توجد عواصف التيفون .
- ٣ - البحر العربي وخليج بنغال .
- ٤ - السواحل المطلة على المحيط الهادي من المكسيك وأمريكا الوسطى .
- ٥ - الحوض الجنوبي للمحيط الهندي الى الشرق من جزيرة مدغشقر .
- ٦ - الجانب الغربي من الحوض الجنوبي للمحيط الهادي بمنطقة جزر فيجي Fiji وساموا Samoa وشرق استراليا حيث تهب

الويلي ويلي ، ومن الغريب أن الحوض الجنوبي من المحيط
الاطلنطي يخلو تماما من هذه الاعاصير ، كذلك يلاحظ أن
الاعاصير المدارية لا تنشأ أبدا فوق الأرض اليابسة ، وإن كانت
في مساراتها فوق الماء قد تضرب جهات البر المجاور .

تحدث الاعاصير المدارية أثناء مواسم معينة من السنة ، وتكثر في الغالب
نحو نهاية فصل الحرارة العظمى ، ففي البحر الكاريبي تتركز نوباتها
ما بين مايو ونوفمبر ، وتبلغ الذروة نحو نهاية الصيف وبداية الخريف ،
وفي خليج بنغال والبحر العربي قد تحدث تلك الاعاصير في أي وقت ،
ولكن موسم تكاثرها هو أيضا في المدة ما بين مايو ونوفمبر ، أما في نصف
الكرة الجنوبي فيستد موسم حدوثها ما بين أكتوبر وأبريل ، وتتحرك
غالبية الاعاصير في مسارات تتفق أول الامر مع اتجاه الرياح التجارية
غربا ، ثم تنحرف بعد ذلك نحو الشمال الغربي حتى خطوط عرض ٣٠ ،
٣٥ ، حين تدخل نطاق المكسيك ، فتتجه معها صوب الشمال الشرقي ،
وهنا يضعف بأسرها وتتحول المواقف المدارية الى مجرد أعاصير معتدلة
من النوع المألوف بالأمراض الوسطى ، وتسافر الاعاصير المدارية بسرعة
تتراوح بين ١٠ و ٢٠ كيلومترا في الساعة بالنطاق المداري ، ولكنها تتحرك
بمعدل ٣٥ أو ٧٠ كيلومترا في الساعة بعد دخولها نطاق الرياح العكسية .

أما عن الآثار الجغرافية للمواقف المدارية فلعل أهم ما يسجل لها
اشتهارها بجلب الدمار بالجملة ، فسرعة الريح قد تسبب اقتلاع المباني
الحجرية من أساسها ، وتطير الأشجار الضخمة في الهواء ، كما قد ترفع
السفن التجارية الكبيرة على الأمواج العملاقة وتلقي بها على بعد مئات
الامتار فوق البر ، وتغرق مساحات واسعة من الأراضي السهلية الساحلية ،
هذا فضلا عن هطول الأمطار بغزارة وحدوث الفيضانات العارمة .

الترنيكو :

زوابع محدودة الحجم ، إلا أنها رغم صغرها تعد أعنف أنواع

المعاصف قاطبة ، وتحدث بكثرة فوق أراضي حوض المسيسيبي بالولايات المتحدة الامريكية بصفة خاصة ، كما أنها معروفة بأستراليا ، وبعض بقاع أخرى بالعروض المدارية وشبه المدارية من الكرة الارضية ، هذه الزوايا ليست سوى أعاصير صغيرة ولكنها غاية في العمق ، ويدور فيها الهواء على شكل دوامة خالطة تقترب باغطية من السحب ، على شكل محاقن هائلة ، تضيق أسافلها حتى لا تزيد أقطارها على خمسمائة متر ، ولكنها تنفجر الى أعلى ، وتكون هذه السحب دائما سوداء قاتمة بفضل ما تحمل من رطوبة كثيفة متكاثفة ، وأتربة وأجسام أخرى متطايرة ، حملها الهواء الصاعد بسرعة ، وقد سجلت أعلى سرعة للرياح السطحية بهذه الزوايا ، اذ من المألوف أن تبلغ سرعة الريح ما يقرب من ٨٠٠ كيلومتراً في الساعة أثناء هبوبها .

وخلال تجوال هذه الزوايا ، ينعطف جسم السحابة في اتجاهات مختلفة كمارد راقص ، وقد يضرب سطحها العلوي وجه الأرض مسببا خرابا شاملا ، في حين أنها قد تملو عن سطح الأرض كثيرا فتتمر بسلام ، ونظراً لانخفاض الضغط الجوي بشكل مربع في نطاق عين الأعاصير ، فإنه اذا مر بأبنية مغلقة انفجرت أو تحطمت نوافذها الى الخارج ، كما قد تتطاير سدادات الأبواب الزجاجية المحكمة بفضل شدة ارتفاع الضغط بداخلها عنه بالخارج لحظات مرور الزوامة ، كذلك فإنه بمقدور بعض هذه الزوايا رفع الأجسام الثقيلة الى أعلى مسافات بعيدة ، بما في ذلك الانسان والحيوان ، ثم الالقاه بها من حلق ، ولذا يهرع الأهالي الى ملاجئ أرضية بالبقاع المعرضة لحدوثها ، ويحتمون بها ريثما تمر الزوامة .

يبدو أن زوايا التورنيدو تنشأ على طول جبهات الالتقاء ، حيث يرفع الهواء القطبي البارد بعنف كتل الهواء الاستوائي الحار الرطب ، فتتوالد زوايا التورنيدو بالبقاع التي تعاني اضطرابا شديدا في كتل الهواء المتصارعة ، ويكثر حدوثها في الربيع والصيف عنه في بقية فصول السنة .

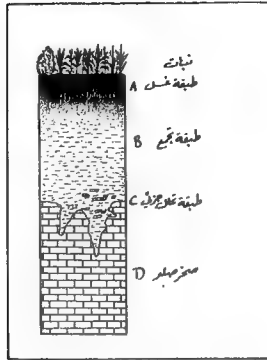
الفصل التاسع

التربة

مقطع التربة :

للتربات الناضجة التي تعرضت أزمانا كافية للعناصر الطبيعية مقطع profile يتألف من عدد من الطبقات horizons ، تتفاوت في سمكها ومكوناتها الطبيعية من مكان لآخر ، ولكنها تشتمل في الممتد على ثلاث طبقات ، يطلق على الطبقة العليا أو السطحية منها اسم الطبقة (A) ، وتسمى الطبقة الوسطى (B) ، أما السفلى فهي الطبقة (C) ، بينما يعرف الصخر الصلب الذي تتركز عليه التربة باسم الطبقة (D) في بعض الأحيان (شكل ٧٦) .

تختلف الطبقة العليا بمعظم التربات عما تحتها في اللون والقوام والبنية ، لأنها تتمتع أكثر من غيرها بالمركبات العضوية من مخلفات النبات ، خاصة بمناطق الحشائش الطبيعية ، حيث يصبح لونها داكنا . ثم ان الطبقة السطحية من التربة عامة بفضل تعرضها للهواء والأكسدة تكون أغمق لونا عما تحتها ، وفي بعض الجهات قد تتألف هذه الطبقة كلية من المواد العضوية المعروفة باسم الدبال Humus ، الذي ينشأ في ظل الظروف الرطبة ، عندما تتعفن النفايات النباتية وتحلل بفضل النشاط البكتيري .



شكل (٧٦) مقطع لتربة ناضجة

ودبال التربة نادر بالمناطق الصحراوية لعدم توافر الماء ونفايات النبات ، كذلك هو نادر أيضا بالأصقاع الباردة ، حيث أن برودة الطقس لا تشجع على تكاثر البكتيريا ، وهي العنصر الفعال في تحليل المخلفات النباتية ، فتبقى تلك المخلفات على شكل مادة اسفنجية في التربة ، تدعى اللبد النباتي Post .

غالباً ما تفقد الطبقة السطحية بعض عناصرها ، خاصة بالأقاليم الرطبة ، فالمياه التي تتسرب خلال هذه الطبقة ، تحمل إلى الطبقة الوسطى (B) بعض المعادن المذابة ، والجزئيات الدقيقة من حبيبات الطبقة العليا ، التي تعلق بالمياه المتسربة ، وتهبط منها إلى الطبقة الوسطى في عملية غسل ، ولذلك فإن الطبقة (A) بالمناطق الرطبة ، تكون في المعتاد فقيرة في مكوناتها من المواد القابلة للذوبان ، فقيرة أيضا

في مشتملاتها من الحبيبات الطينية الناعمة ، ولذا فانها تكون أغلظ قواما من الطبقة (B) أسفلها ، فهذه الطبقة الوسطى ، تتلقى ما يحمل اليها من أعلى مع المياه المتسربة ، وما يرفع اليها من أسفل مع المياه الراجعة من الطبقة السفلى (C) ، حين تصعد المحاليل نحو السطح بالخاصة الشعرية ، ولهذا تعرف (B) باسم طبقة الترسيب أو التجمع ، وفي بعض الاحيان يصبح قوامها من الدقة والتماسك بفضل ما تتلقاه من حبيبات ومعادن ، درجة تقلل كثيرا من نفاذيتها ، أي قابليتها على انفاذ الماء وجذور النبات ، أما الطبقة السفلى (D) . فهي لا تختلف الا قليلا عن الصخر الصلب الذي تركز عليه، والذي يسمى أحيانا الطبقة (C)

الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة :

اللون : على الرغم من أن علاقة اللون بنوع التربة وخصوبتها قليل الا أن اللون هو الخاصية التي تسترعي انتباه المشاهد للوهلة الاولى ، فطبقات قطاع التربة يمكن التمييز بينها على أساس اختلاف ألوانها ، وهذا بدوره يعكس محتواها ومكوناتها ، وهناك فئات مختلفة من ألوان التربة ، يتدرج بعضها من اللون الأبيض ، الى الكستنائي فالأسود ، كنتيجة لتزايد نسب الدبال ، وتتوقف هذه النسب على النمو النباتي والنشاط البيولوجي بالتربة ، تبعا لاختلاف الظروف المناخية ، ففي المروض الوسطى نلاحظ تفاوت الألوان بين الاسود والبني الداكن بالمناطق الباردة الرطبة ، الى اللون الكستنائي الفاتح بجهات الاستبس أو المناطق شبه الجافة والجافة ، التي يندر بها تكون اللبد في التربة .

ترتبط التربة الحمرات والحمرات والصفرات بتواجد نسب قليلة من أكاسيد الحديد ، فاللون الاحمر دليل على جودة التصريف المائي ، ولكن في بعض الاحيان قد تعود الحمرة الى الصخور الاصلية ، التي منها اشتقت التربة. أما التربة الرمادية الضاربة للزرقة في المناطق الرطبة ، فهي دليل على قلة أكاسيد الحديد بالتربة ، وسوء التصريف أو التشبع بالماء. والتربة

الرمادية بالجهات الجافة تعني قلة الدبال ، بينما التربات البيضاء في نفس البيئة دليل على تركيز الأملاح بها . ومع هذا ينبغي أن نلاحظ اكتساب الكثير من التربات الحديثة ألوان الصخور التي اشتقت منها ، في حين أن التربات القديمة الناضجة قد يختلف لونها عما تحتها من صخور .

القوام :

قوام التربة Soil texture أحد الخصائص الطبيعية الهامة لها ويقصد بها حجم الحبيبات المكونة لها ، وتصنف الحبيبات حسب الأحجام فتتراوح بين الحصى والرمال والطمي والطين . فالتربة الحصى ليست تربة بالمعنى الصحيح ، أما الرمال فهي ما تتراوح أقطارها بين ٠.٥ ، ١ مم ، والطمي بين ٠.٥ ، ٠.٢٥ مم ، والطين أقل من ٠.٢٥ مم . ولكن أهم ما يلاحظ أن جميع التربات تحتوي على نسب متباينة من هذه الحبيبات ، وتسمى التربة على أساس غلبة نوع منها ، فالتربة الطينية هي التي تسود بها حبيبات الطين وكذلك التربة الرملية أو الحصى التي تسودها الرمال أو الحصى .

ولحجم الحبيبات أهمية كبيرة في مقدرة التربة على امتصاص الماء والاحتفاظ به ، وعلى تحويل المواد الغذائية الى الصورة التي تكون صالحة لغذاء النبات ، فالتربة ذات الحبيبات الدقيقة نوعا أقدر على تغذية جذور النبات ، ولكن تناهي الحبيبات في الدقة يقلل من سعة المسام ، ويؤدي الى تماسك المكونات بشكل قد يتعذر معه على النبات أن يضرب بجذوره خلال التربة ، كذلك يلاحظ اختلاف أحجام المكونات بين طبقات القطاع الناضج للتربة على النحو الذي أوضحناه سابقا .

البنية :

ثمة خاصية طبيعية أخرى هي ما يعرف ببناء التربة structure أو بنيتها ، والمقصود بذلك هو طريقة تجمع الحبيبات بعضها مع البعض ،

فقد تتجمع الجزيئات مع بعضها في صفائح أو شرائح رقيقة ، أو في كتل حادة محدبة الجوانب ، كما أن جزيئات بعض الترب تتجمع على شكل أعمدة أو أنابيب دقيقة ، وفي أحيان أخرى قد توجد الجزيئات في نظام عفوي لا يتبع ترتيبا خاصا ، ويلاحظ أن بناء التربة عرضة للتغير لأسباب متعددة ، منها عمليات الحرث والتقليب والتبلل والجفاف ، أما بسبب المطر أو الري ، ويؤثر بناء التربة على مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة وامتصاصها ، وعلى قابليتها أو مقاومتها للنحت ، وعلى استجابتها للعمليات الزراعية .

عوامل تكوين التربة :

تساهم في ذلك عمليات مختلفة منها ما هو سلبي الأثر ومنها ما هو ايجابي :

١ - صخور الاشتقاق :

وتكون الصخور السطحية في كثير من البقاع الأساس الذي اشتقت منه مركبات التربة ، بعد تفتته الى حطام تستدق أحجامه مع الزمن ، وقد ينقل من مكان لآخر بواسطة عوامل مختلفة كالماء أو الريح أو بفعل الجاذبية الأرضية وحدها على جوانب المنحدرات ، فالجزء الأعظم من حجم أية تربة يتألف من معادن صخرية مفككة تعرضت لكثير من التغيرات الكيميائية التي حولتها الى مركبات جديدة تختلف كثيرا في خواصها عن الصخور الاصلية ، لدرجة أن تأثير هذه الصخور على نوع التربة قليل بالقياس الى العناصر الأخرى التي أسهمت في التغير ، والشذوذ الوحيد لهذه القاعدة هو التربات الحديثة التي لم يمض على اشتقاقها من الصخر الأصلي وقت حلويل بحيث تفترق خواصها كلية عنه ، ولكن من ناحية أخرى قد يتأثر قوام التربة كثيرا بصخور المصدر ، فالاحجار الرملية تشكل تربات خشنة من حبيبات الكوارتز التي تعطي القوام درجة عالية

من المسامية وتسمح بتهريب المياه ، كذلك في حالة الركامات الجليدية الطينية تكون التربة المشتقة عنها دقيقة الحبيبات قليلة المسام لزجة المزاج ، تحول دون تسرب الماء ، وتسبب تكون المستنقعات في فصل الأمطار .

٢ - العامل الطبوغرافي :

عامل سلبى أيضا ، ويقصد به شكل السطح ، فحيثما وجدت منحدرات وعرة فإن غطاء التربة فوقها يتعرض للنحت والازالة بسرعة ، بدرجة تجعل ما يتبقى منها مجرد أغشية رقيقة ، لأن ما يجرف من فوق السطح أعظم مما يشتق من الصخر ، أما الأسطح المستوية فإنها عادة تتمتع بثرىات سميكة غنية ، من مواد طينية دقيقة الحبيبات ، فمعظم ما يشتق من الصخر من تربة في هذه الحالة يظل في موضعه ، فينمو القطاع باستمرار ، وتزداد التربة عمقا مع مضي الوقت ، كذلك في القيعان وبطون الأودية والفجوات المنخفضة بين التلال ، تتراكم أغشية سميكة من التربة بفضل ما ينحدر إليها من السفوح المجاورة ، ولكن استواء السطح قد يكون مدعاة لسوء التصريف ، وتكون النتيجة تربة سمراداكنة اللون . ويساعد توافر الرطوبة على تعمق المخلفات النباتية ببطء وسرعة النشاط البكتيري ، وبالتالي توافر الدبال الذي يعني خصب التربة . ومن الواضح أن عمليات النحت تبدأ بالطبقة العليا (A) ومن المعتاد أن يعوض ما يزال بازدياد سمك التربة على حساب الصخر الصلب تحتها ، ولكن إذا اختل هذا التوازن تأكلت الطبقة العليا وفقدت التربة أفضل مجالاتها ، وأحيانا قد يكون النحت من السرعة بحيث تتآكل الطبقة (B) أو جزء منها .

وللعامل الطبوغرافي أثره كذلك فيما يتعلق باتجاه السفوح ، ففي نصف الكرة الشمالي تقع السفوح الجنوبية من التلال وجوانب المنحدرات في اتجاه أشعة الشمس لفترة طويلة من النهار ، وتعرف لذلك بالجوانب

المشمسة ، ويؤثر هذا على سرعة عمليات التبخر والجفاف بالنسبة للتربة ، وعلى النقيض من ذلك تقع السفوح الشمالية في الجوانب الظليلة ، وبالتالي يقل الفاقد من رطوبة تربتها بالبخر ، ويكون النمو النباتي فوقها أفضل ، وهذا يساعد على بناء التربة وحمايتها من الانجراف .

٣ - عامل الزمن :

الوقت أحد العناصر السلبية في تكوين التربة ، فالتربة الناضجة بالمعنى الصحيح هي التي يكون قد مضى عليها وقت كاف لكي تمارس عمليات التكوين نشاطها فيها ، حتى لتظل خواصها ثابتة بعد ذلك مهما مر من وقت . أما التربات الحديثة الاشتقاق ، خاصة الرواسب الفيضية للأنهار بسهولها ، أو ركامات الأنهار الجليدية ، فانها تربات شابة غير ناضجة ، في مثل هذه التربات لا يمكن التعرف على طبقات تميز قطاعاتها والواقع أن الزمن بالنسبة للتربة مفهوم نسبي يختلف بتباين ظروف البيئة ، فعلى حين يكفي مائتي عام فقط لتكون قطاع ناضج للتربة بالجهات الرطبة ذات الصغور الرملية ، فانه يلزم بضعة آلاف من السنين لكي ينشأ مثل هذا القطاع باماكن أخرى ، ويعتقد بأن بعض أنواع التربة في المناطق المدارية قد تكونت على مدى بضعة ملايين من السنين ، حيث يعود بعضها لعصر البليوسين منذ ستة ملايين عام .

٤ - المناخ :

لعل هذا هو أبرز العوامل الايجابية في تشكيل التربة ، وذلك بفضل عناصره من رطوبة وحرارة ورياح ، فالتساقط بكافة صوره هو الذي يمد التربة بالماء ، وهو الوسط الذي تتم خلاله جميع التفاعلات الكيماوية ، والعمليات البيولوجية الأخرى في التربة فالعناصر الكيماوية القابلة للذوبان حين تؤلف محاليل مع الماء فانها تتأين ionize بمعنى أن

تنقسم الى جزيئات بعضها يحمل شحنات موجبة والآخر شحنات سالبة ، وبدون التأين يستحيل قيام تفاعل كيميائي أو تبادل للعناصر بشكل يسمح بتكون التربة ، ولكن من ناحية أخرى فإن زيادة التساقط بشكل مفرط يساعد على فصل التربة من العناصر الكيميائية القابلة للذوبان، ويبدو تأثير هذا أكثر وضوحا بالطبقات العليا من التربة ، فيما تكسب الطبقة (B) شطرا كبيرا من هذه العناصر بالترسيب وحيثما جرت المياه فإن المواد المفسولة خاصة السيليكا تزال بالتدريج من التربة ، وتحملها مياه الأنهار ، ولذا فإن تريات الجهات المدارية الرطبة خاصة بنطاق الغابات الاستوائية فقيرة في مركبات السيليكا ، بالإضافة الى المواد القاعدية كالكالسيوم والصوديوم والمغنيزيوم والبوتاسيوم مما يؤدي الى تدهور خصوبتها .

على العكس من ذلك فإن سرعة التبخر ، ونادرة الأمطار بالمناطق الجافة ، يساعد على تركيز الأملاح المعدنية بالطبقة السطحية من التربة، حين تجلبها اليها المحاليل المائدة الى أعلى بفضل الخاصية الشعرية ، حيث يتبخر الماء مخلفا حمولته من الأملاح الذائبة ، وأشيع هذه الأملاح كربونات الصوديوم التي ترى على شكل قطرات صلبة بيضاء اللون فوق أسطح البقاع التي تتأثر بذلك ، وهي في بعض المواضع من السمك والقسوة بحيث تكون طبقة أقرب الى الصخر الصلب ، تحمي ما تحتها من نحت الماء ، أو التذرية بواسطة الرياح ، من ذلك أيضا قصرات رواسب الجبس .

ولكن اذا كانت كميات التساقط وفيرة نسبيا كالحال في الهوامش الشرقية من نطاق الاستبس بالمروض الوسطى فإن رواسب كربونات الكالسيوم توجد على شكل عقد صغيرة خلال طبقات التربة .

ونتيجة للعلاقة بين عاملي التساقط والتبخر تنشأ مجموعتان كبيرتان من التربات ، الأولى هي تربات الغسل التي تزيد فيها نسب المعادن

المتخلفة غير القابلة للذوبان ، كالحديد والالومنيوم ، ولذا تعرف باسم تربيات البدالفر *pedalfers* ، واللفظ مؤلف من كلمتي الألمنيوم *aluminum* وحديد على التوالي ، وتوجد بالمناطق التي تزيد أمطارها السنوية على ٧٠ سم ، أما المجموعة الثانية فهي تربيات التكلس ، وتعرف باسم *pedocal* بالبقاع التي ينخفض فيها معدل الامطار السنوية ، وبالتالي ترفع كربونات الكالسيوم لترسب عند السطح ، ومن ثم آتت التسمية .

الحرارة عنصر هام في تكوين التربة لسببين ، الأول هو أن النشاط الكيميائي يزداد بصفة عامة بارتفاع الحرارة ويتضام بانخفاضها حتى يقف تماما عند درجة التجمد ، ولذا فان تربيات الجهات المدارية الحرارة تفتقر كثيرا عن صخور الاشتقاق ، اذ أن المواد التي تشكلها تعرضت لنشاط كيماوي مستمر أدى الى تغير خواصها عن صخور المصدر ، بمكس تربيات التندرا التي تتألف من مواد قريبة في خواصها من الصخور التي تحتها ، اذ أن العمليات الميكانيكية وحدها هي التي لعبت الدور الرئيسي في انحلال الصخر وفتته ، وبالتالي تكون التربة . أما السبب الثاني في أهمية عنصر الحرارة فهو النشاط البكتيري الذي يرتبط طرديا بارتفاعها ففي الجهات المدارية تنشط البكتيريا بشكل يؤدي الى التهام المخلفات النباتية كلية ، وخلو التربة من الدبال ، في حين أن النشاط البطيء بالجهات الأبرد يساعد على التعفن الجزئي ، وبقاء الدبال بالتربة وهو عنصر هام في القطاع الناضج .

الرياح عامل ثانوي في تكوين التربة ، ويقتصر دورها على ازدياد البخر ، وخفض محتوى التربة من الماء . كما أنه في بعض الجهات الجافة القليلة النبات يعمل على تذرية الطبقات العليا وازالتها ، حيث يرسبها بعد ذلك في جهات أخرى ، لتشكل مصدر الاشتقاق لانواع من التربة أشهرها تربة اللبس *Loess* .

٥ - العامل البيولوجي :

تتأثر التربة جذريا بأنواع الحياة النباتية والحيوانية كما تؤثر فيها

فالحشائش في نموها تتطلب أنواعا خاصة من التربة ، تختلف عن تلك التي تصلح لنمو الغابات . فالأشجار خاصة الصنوبرية منها ، لا تتطلب سوى قدر محدود من الكالسيوم والمغنزيوم في التربة ، ولذا فهي تفره في تربات الفسل التي أزيلت منها هذه المواد ، والتي تتمتع بخواص حمضية أما الحشائش وما على شاكلتها من الحبوب النجيلية كالقمح والشعير والشفوفان ، فأنها تستهلك قدرا كبيرا من عناصر الكالسيوم والمغنزيوم ، ولذا فأنها توجد بالتربات الكلسية بالأراضي شبه الجافة ، حيث تتركز هذه المواد قرب السطح ، فإذا ما أريد زراعة هذه الحبوب في تربات حامضية ، كان لا بد من اضافة مادة الجير الى التربة على شكل مسحوق يستخرج من الحجر الجيري المادي .

وكما تتغذى النباتات على معادن التربة فأنها أيضا تحفظ خصبها ، وذلك بما تمتصه جذورها من معادن من الطبقات السفلى ، وتمثلتها ، ثم تعود فتطلقها الى التربة السطحية عند موتها وتحللها ، معنى ذلك أن النباتات المتعفنة ومخلفاتها هي مصدر الدبال الذي يعطي التربة لونا داكنا ، ويسبب وجوده تكون أحماض عضوية ، تعمل على تحليل معادن الصخر ، واطافة مركبات جديدة الى التربة ، لتكون عناصر الغذاء النباتي فيها . كذلك تتحد هذه المادة مع العناصر القاعدية بالتربة ، فيسهل بالتالي غسلها وإزالتها ، ولذا كانت تربات المناطق الباردة الرطبة تعاني عجزا في المواد القاعدية نتيجة لنشاط هذه العمليات ، حتى أضحت قليلة الصلاحية لانتاج المحاصيل الحقلية .

وتلعب البكتيريا دورا رئيسيا في تحديد نسبة الدبال بالتربة ، فتحت ظروف المناخ البارد يقل تكاثرها بشكل ملحوظ ، ومن ثم تسلم كميات وفيرة منه فتبقى لتخصب التربة ، أما بالجهات القطبية ودون القطبية فان البقايا النباتية لا تتعفن ، وتبقى على شكل لبد ، في حين أن التكاثر المفرط للبكتيريا بالجهات الحارة يؤدي الى التهام المخلفات النباتية وتأكسدها واختفائها بالجملة ، ويترتب على ذلك خلو المحاليل من

التأثير الحمضي ، فتبقى المواد القاعدية كالحديد والمنغنيز والالومنيوم كشوائب وفيرة في التربة .

كذلك للبكتيريا أثر هام في امتصاص النيتروجين من الهواء ، وتحويله كيميائيا لعناصر ثلاث استهلاك النبات ، وتعرف هذه العملية باسم تثبيت النيتروجين .

للحيوانات والحشرات تأثير على التربة ولكنه في الغالب تأثير ميكانيكي ، فالديدان الأرضية التي توجد بالملايين في تربات الجهات الرطبة تلتهم التربة وتخرجها ، فتؤثر على مركباتها وقوامها ، والنحل والحيوانات الأرضية كالجرذان وغيرها حين تحفر مخابئها في التربة ، تستخرج كميات كبيرة من المواد من الطبقات السفلى ، لتلقي بها فوق الطبقات السطحية ، في حين أن انهيار أسقف هذه المخابئ يدفن الطبقات السطحية فيما تحتها .

✻ تصنيف التربة :

تصنف التربات حول العالم الى فئات تزيد على الاثني عشر فئة ، توجد كل منها تحت ظروف مناخية طبوغرافية متشابهة ، بعض أسماء هذه الفئات روسية وذلك بسبب نشاط العلماء الروس أكثر من غيرهم في الدراسات والأبحاث الخاصة بعلم التربة ، ربما لتنوع البيئات المناخية والنباتية وبالتالي غطاء التربة نتيجة لذلك في أرجاء بلادهم الشاسعة ، وسنقصر مناقشتنا على بعض الفئات الرئيسية الواسعة الانتشار جغرافيا (شكل ٧٧) .

١ - تربة البودزول : podzol :

وهي من أشيع الأنواع التي تميز مناطق المناخ الرطب بالجهات دون القطبية والأصقاع الشمالية القارية ، وتنشأ في ظل ظروف مناخ بارد شتاء ، وأمطار موزعة على مدار شهور السنة . ويتميز القسم الأعلى

من الطبقة السطحية (A) من القطاع بقشرة رقيقة من المواد النباتية المتعفنة جزئيا ، يليها حيز أكثر سمكا غني بمركبات الدبال ، يتراوح لونه ما بين الرمادي والأصفر أو البني الضارب للحمرة ، هذا الحيز مسرح للتفاعل بين الأحماض العضوية والمركبات القاعدية في التربة ، أما النطاق الأسفل من هذه الطبقة السطحية فهو نطاق غسل أزيلت منه المواد القاعدية بشكل واضح ، ولذا فلو أنه يشبه السكن ، ومن هنا أتت التسمية ، حيث أن الكلمة الروسية podzol تعني تربة السكن حرفيا . ask soil

أما الطبقة الوسطى (B) فتمتاز بلونها البني بفضل ما هبط عليها من مواد قاعدية ، ثم أن قوامها طيني لزج ، وغالبا ما يسبب ترايد ارساب الأكاسيد بين حبيبات هذه الطبقة تماسك مكواتها وتصلبها في قصرة متصلة ، كأنها رصيف حجري ، وأحيانا تتجمع هذه المواد المركزة في عقد تتألف من جزئيات الطين الملتحمة كأكاسيد الحديد الأصفر .

البودزول من التربة القليلة القدرة ، فالفسل يحررها من مركبات هامة ضرورية لغذاء النبات ، ولذا فهي عادة ترتبط بالفاتات الصنوبرية التي تقنع أشجارها بقليل من الكالسيوم والكبريت والمغنيزيوم واليوتاسيوم ، ومن ناحية أخرى فإن قدرة هذه التربة محدودة للغاية فيما يتعلق بإنتاج العاصلات الزراعية ، هذا فضلا عن أن تأثير العصر الجليدي ما زال واضحا في كثرة الأحجار والجلاميد بمعظم الجهات التي تأثرت كثيرا بهزقه في هذه المروض ، كما أن المستنقعات تكتنف مساحات واسعة مما يحدد من قابلية تلك المناطق على الإنتاج ، ويقتصر استخدام الأرض على جوانب الأودية ومدرجات الأنهار العالية حيث ظروف الصرف ملائمة .

تنتشر هذه التربة فوق مساحات واسعة من شمال أوراسيا إلى الجنوب مباشرة من نطاق التندرا ، وتبدأ في أوروبا بأراضي السويد والدانمرك عبر فنلند وسهول شمال روسيا وسيبيريا حتى شبه جزيرة

كامتشاتكا ومنشوريا على سواحل المحيط الهادي ، وفي أمريكا الشمالية تغطي معظم الاراضي الكندية جنوب اقليم التندرا ، كما تشمل معظم ولايات نيوانجلند ، وجزءاً من اقليم البحيرات العظمى ، وأواسط شبه جزيرة ألاسكا ، أما نصف الكرة الجنوبي فيكاد يخلو من تربات البودزول.

ثمة أنواع أخرى من تربات البودزول التي تصنف على أساس كونها فئات مستقلة ولكنها تشترك معها في كثير من الخواص ، منها تربات البودزول الرمادية البنية gray-brown ، وهي ترتبط أيضاً بالمناخ الرطب في عروض معتدلة باردة ، وتختلف عن النوع السابق في كونها أقل تعرضاً لمعمليات الغسل ، وبالتالي كان لونها أميل الى الاحمرار بسبب توافر المركبات القاعدية ، وذلك على الرغم من كونها تربة حامضية الى حد ما كالنوع السابق ، وتنمو بهذه التربة أنواع نفضية من الغابات التي تتمكن جذور أشجارها من جلب المواد القاعدية من الطبقة الوسطى (B) فتعيدها الى الطبقة السطحية (A) عندما تتساقط أوراقها كل خريف ، لهذا فان التربة خصبة ، وحين تستخدم لأغراض الزراعة فانها تنتج إنتاجاً مرضياً من الحاصلات المختلفة ، فضلاً عن المراعي الجيدة . وتوجد هذه التربات في نطاق يمتد من وسط أوروبا الى غربها كما تشمل الولايات الوسطى من شرق الولايات المتحدة، والطرف الجنوبي القصي من افريقيا وأمريكا الجنوبية وشرق نيوزيلند .

من بين تربات البودزول نوع آخر من التربة الصفراء والحمراء ، تتواجد بمناطق مناخات أدفا من النوعين السابقين ، وأوفر رطوبة ، وتختلف عنهما في قلة محتواها من الدبال بسبب ازدياد نشاط البكتيريا . وترجع ألوانها الصفراء والحمراء الى توافر مركبات الحديد المائية ، وتنتشر التربة الصفراء بوجه خاص بالأراضي الرملية على السواحل ، وتبدى خصائص تدل على غسل تام ، كذلك تنتشر أكاسيد الألومنيوم المائية بها ، فهي بهذا تشبه تربات اللاتريت المدارية . وهي معقل لأنواع

من الغابات الصنوبرية ، ومتى أزيلت الأشجار صلحت التربة لانتاج حاصلات مختلفة ، وإن تطلب الأمر استمرار التسميد .

٢ - تربة اللاتريت :

وهي تربات مدارية شهيرة تتميز بما يأتي :

أ - التحلل التام لمواد صخور الاشتقاق كيماويا وميكانيكيا بفضل توافر الرطوبة والحرارة .

ب - اختفاء مادة السيليكا كلية منها .

ج - تراكم شوائب أكاسيد الحديد والألومنيوم والمنغنيز بكميات وفيرة مما يعطي التربة لونا أحمر .

د - اختفاء مادة الدبال كلية بسبب زيادة النشاط البكتيري . وتتفق هذه التربات في توزيعها الجغرافي مع نطاقات الغابات الاستوائية المطيرة وحشائش السافانا المدارية ، والنوع السابق من تربات البودزول الحمراء والصفراء يمكن أن تنتمي لهذا النوع ولكنها ليست كالاتريت الحقيقي . وأهم خصائصها ترددي خصوبتها بسرعة إذا ما استغلت لأغراض الزراعة ، لأنها فقدت خلال عمليات الغسل المزمدة الكثير من العناصر الغذائية من الطبقة السطحية ، ولكنها مع هذا استطاعت انماء أكثف الغابات من الأشجار ذات الأخشاب الصلبة ، والشجيرات الشوكية وحشائش السافانا .

ويرجع اشتقاق التسمية من أن الطبقات العليا شديدة الاحمرار ، وإذا قطعت إلى مكعبات وتركزت لتجف فإنها تصبح كقوالب الآجر ، شديدة الصلابة ، وقد استخدمت في بعض جهات آسيا كمادة لصناعة الطوب والبناء . ومن ناحية أخرى فإن تركيز الأكاسيد في بعض المواضع يسمح بتوافر خامات معدنية ثمينة كالبوكسيت baxite وهو أكسيد الألومنيوم والليمونيت limonite أكسيد الحديد ، والمانجانايت manganite أكسيد

المنغنيز ، وهي البقايا المتخلفة عن عملية اذابة السيليكا والمواد الاخرى التي كانت بصخور الاشتقاق ، وترجع خامات اليوكسيت الشهيرة في غيانة وشمال أمريكا الجنوبية وغرب الهند الى هذا النوع من التربة ، كذلك تتواجد خامات المنغنيز في بعض جهات تربات اللاتريت .

تنتشر تربة اللاتريت باقليم الغابات المطيرة بحوض الامزون ، وجنوب شرق البرازيل ، وكل غيانة وفنزويلا وجزر الانتيل، وبعض جهات أمريكا الوسطى ، وجنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية ، كذلك توجد فوق مساحات واسعة من وسط أفريقيا وسواحلها الجنوبية الشرقية ، والبقاع المنخفضة من جزيرة مدغشقر ، كما تنتشر أيضا بجنوب شرق آسيا ومعظم جزر جنوب غرب المحيط الهادي ، والاطراف الجنوبية من قارة أستراليا ، وبعض جهات أشباه الجزر الاوربية في البحر المتوسط .

٣- التربة السوداء chernozem : وهي من أشهر أنواع التربة ومن أكثرها انتشارا ، وتتألف من طبقة سطحية رقيقة من مخلفات النبات سودام تليها الطبقة (A) الحقيقية وهي بسمك لا يقل عن قدمين ، وهي طبقة سودام داكنة غنية بمحتواها من المواد العضوية ، أما الطبقة الوسطى (B) فهي أفتح لونا وهي في المعتاد نطاق ترسيب . وتتميز هذه التربة بفناها في مركبات الكالسيوم ، التي قد تتركز على شكل عقد وكرات من كربونات الكالسيوم الخالصة ، وقد كانت هذه التربات موضع اهتمام العلماء خاصة الروس بسبب انتشارها في بلادهم عبر نطاق يمتد من اكرانيا الى منطقة البحر الاسود ، ومنها نحو الشمال الشرقي في حزام عريض على طول درجة عرض ٥٠° شمالا داخل قلب القارة الآسيوية ، أما بالولايات المتحدة وكندا فهي تشكل حزاما يمتد من الشمال الى الجنوب ابتداء من ولايتي البرتا وسسكاتشوان saskatchewan بكندا عبر السهول العظيمي الأمريكية حتى أواسط ولاية تكساس ، ثمة نطاق آخر مشابه يمتد من الشمال الى الجنوب عبر الأرجنتين ، كما توجد

ساحات أخرى من التربة السوداء بكل من جنوب أفريقيا وشمال غرب
لندن وشرق أستراليا .

يتمتد بأن المناخ هو الضابط الهام المساعد على تكوين هذه التربة ،
فبمقارنة خريطين للمالم لتوزيع المناخ والتربة ، يتضح أن التربة
السوداء بالمعرض الوسطى بكل من الأمريكتين وأوروبا تتفق في توزيعها
مع الهوامش الغربية شبه الجافة من المناخ القاري الرطب ، كما تمتد
إلى عروض أدنى بجهات حشائش الامتس ، فالجفاف النسبي عنصر هام
يلزم تكوين هذا النوع من الترب ، وتتلخص الخصائص المناخية لمناطق
توزيعها في شتاء بارد وصيف حار ، تزيد فيه معدلات التبخر بشكل
يساعد على تركيز الكربونات ، وفي الوقت نفسه يكون من القسوة بحيث
لا يسمح بنمو شجري ، ولذا كانت الحشائش التي تستطيع مقاومة
الجفاف واحتماله هي الطابع النباتي العام ، وهي فضلا عن ذلك نباتات
محببة للتربة الكلسية ، في حين لا تستطيع الأشجار تحمل زيادة نسبة
الأملاح المعدنية بها ، لهذا كانت سهوب الامتس والبراري هي الغطاء
النباتي الطبيعي بهذه التربات .

وقد توجد التربة السوداء فوق أغطية من رواسب الليس التي نقلت
بواسطة الرياح من الارسابات الجليدية ، ولكن لا يقتصر توزيع هذه
التربة على مناطق الليس وإن اتفق النوعان في البناء وتركز المواد
الكلسية ، وتواجهما بأسطح سهلية منبسطة في المتاد ، وأهم الخصائص
الجغرافية المميزة للتربة السوداء هي قابليتها على إنتاج الحبوب الغذائية
بوفرة لا تدانيها فيها أية تربة أخرى، فالسهول العظمى الأمريكية وسهوب
الارجننتين وأوكرانيا هي بمثابة سلال الخبز للعالم .

ثمة نوع آخر من التربة السوداء ما يعرف عادة باسم تربة البراري
prairie وهي شبيهة في خواصها بالنوع السابق من حيث القطاع والمظهر ،
بيد أنها أقل منها بكثير في محتواها من مركبات كربونات الكالسيوم ،

فهي لذلك عبارة عن مرحلة انتقال بين تربة التكلس وتربة الغسل . وفي المناطق المدارية ودون المدارية تتواجد تربة البراري ما بين نطاقات التربة السوداء وتربة اللاتريت ، ويتميز غطاء الحشائش بتربة البراري بكثافته واستمراره لدرجة أن الرجال على الخيول كانوا يتوارون تماما عن الانظار متى دخلوا هذا النطاق في براري الولايات المتحدة ، ويتراوح معدل المطر بين ٦٠ و ١٠٠ سم سنويا ، وأهم مناطق توزيع تربة البراري نطاق أوسط بالولايات المتحدة ، وآخر يطوق نطاق التربة السوداء من الغرب والشمال بأوروبا ، ممتدا الى الشرق داخل أوسط آسيا ، كما تشمل تربة البراري جزءا من شمال شرق الأرجنتين والجهات المجاورة من أوروغواي وباراجواي والبرازيل .

وتتميز تربة البراري بخصبها ، ووفرة انتاجها ، حيث أنها جمعت بين جودة التربة السوداء ، ووفرة الرطوبة ، ولذا كانت من أصلح التربة لزراعة محصول الذرة ، وهذا ما يتضح بالنسبة لنطاق الذرة في الولايات المتحدة والأرجنتين وشرق أوروبا .

٤- تربة التندرا : ينتشر هذا النوع فوق مساحات واسعة من المناطق القطبية وعلى أسقف المرتفعات العالية ، وهنا تساعد شدة برودة الهواء وطول فصل الشتاء على تجمد الرطوبة داخل التربة معظم أيام السنة ، ولهذا فالتفاعل الكيماوي من البطء لدرجة أن تأثير صخور الاشتقاق هو أوضح الخصائص ، فالتربة في معظمها ليست سوى فتات دقيق لا يختلف في خواصه المعدنية عن الصخر الأصلي الا قليلا ، ويفطي سطح التربة عادة طبقة رقيقة من النباتات المتآكلة ، لونها بني داكن ، يبلغ سمكها بضعة سنتيمترات وتحتوي على نبات الفطر بوفرة ، وليس لهذا النوع من التربة قطاع بسيط مميز، بل إنها تتألف من طبقات متتابعة من الطين الرملية ومادة الدبال ، وفي كثير من الاحيان يوجد أسفل هذا طبقة دائمة التجمد من التربة permafrost بسبب كثرة ما بها من أجسام مائية متجمدة ، تتخذ شكل عدسات أو صفائح أو أعمدة داخل التربة .

٥ - تربة الصحراء : تنتشر في صحارى العروض الوسطى والمدارية أنواع من التربة يمكن ايجازها في نوعين رئيسيين هما التربة الرمادية والتربة الحمراء، أما النوع الاول فيوجد فوق مساحات واسعة من صحارى الحوض العظيم بالولايات المتحدة ، وصحراء يتاجونيا بالارجنتين ، وصحراء جنوب غرب أفريقيا ، وأواسط آسيا ، وأهم خصائصها قلة محتواها من الدبال بسبب الفقر النباتي ، ويتراوح اللون بين الرمادي والبني وطبقات القطاع موجودة ولو أن التمايز بينها قليل ، وتوجد قرب أسطحها قصرات صلبة من كربونات أو كبريتات الكالسيوم ، بسبب تبخر المحاليل الصاعدة الى السطح ، وفي بعض الاحيان قد تشمل هذه المواد على التحام طبقات الحصى الملوي في صخر يدعى الكنجلومرات شبيه بالخرسانة .

أما الجهات الأكثر جفافا من صحارى أستراليا وأفريقيا والصحارى العربية وغرب أمريكا الجنوبية ، فتتميز بالنوع الثاني من التربة الصحراوية ونعني بذلك التربة الحمراء ، ويتراوح لونها موضعيا بين الباهت والقاني ، وهنا يبلغ المحتوى من الدبال حده الأدنى ، فالغطاء النباتي نادر ، ويتألف في معظمه من أعشاب شوكية ، وشجيرات الصبار بأنواعها المختلفة ، فالعامل البيولوجي قليل الاثر في تكوين التربة ، والقطاع غير واضح المعالم ، والقوام غليظ ، حيث أن المكونات عادة تشتمل على قدر وافر من الحصى والاحجار .

كلا النوعين السابقين من التربة الصحراوية صالح للزراعة متى توافرت المياه للرعي ، أما من الآبار ، أو من المياه السطحية المجلوبة في قنوات من الانهار المجاورة ، ويشترط لذلك أيضا أن يكون قوام التربة دقيقا يخلو من الجلاميد والاحجار ، كالحال في مدرجات الاودية والسهول الفيضية لبعض الانهار الدخيلة ، وأسطح بعض المخاريط الفيضية .

من أشهر أنواع التربة الصحراوية أنواع ملحية أو قلوية ، تتميز بعض جهات الصحراء ، فضلا عن مناطق الاستبس ، حيث معدلات البخر

تزيد على كميات التساقط ، وتتواجد هذه التربة بصفة خاصة بقيعان المنخفضات الداخلية ، التي لا مخرج لها نحو البحر ، فالى هذه الجهات تنصرف الاودية حاملة معها فتات الصخر مع كل ميل ، وتلقي بكميات من الرمل والطين فضلا عن الاملاح التي تتبلور عند السطح بعد جفاف الماء مكونة تربات ملحية بيضاء ، وتعرف هذه الاسطح عادة باسم القيعان أو السبخات ، وأمثلتها في البلاد العربية متعددة ، ونحو قلب المنخفض قد يكون تركيز الاملاح بدرجة تمكن من استخراج أنواع منها كالحال في ملاحات منخفض الازرق بالاردن - نحو هوامش المنخفضات توجد التربة ولكنها في الغالب غير ذات قطاع ، ورغم تحمل بعض النباتات نسبة عالية من الملوحة فيندر أن توجد بهذه الهوامش نباتات ، ولذا فمثل هذه التربة لا يصلح للزراعة الا بعد الفسل ، والفرق بين الانواع الملحية والقلوية فرق في نوع الملح، فالاولى تتميز بكلوريد الصوديوم ، والاخرى بكاربونات الصوديوم .

اثر الانسان على التربة :

شرع الانسان يستخدم التربة كمورد لقوته منذ أن عرف الزراعة في أواخر العصور الحجرية ، وقبل ذلك استخدم الانسان الكلا كمرعى لقطعانه بعد أن عرف استئناس الحيوان ، فغير بذلك من خواص التربة التي رعتها حيواناته أو التي فلحها يديه ، فقبل تدخل الانسان كانت النباتات الطبيعية من غابات وحشائش ومروج تكسو الكثير من البقاع الممورة ، وكان هناك نوع دقيق من التوازن الطبيعي بين مكونات التربة وعناصر تكوينها ، وبين ما يستنزف من معادنها أو ما يزال من سطحها ، وللنبات خواص هامة في الحفاظ على ما تحته من تربة ، أهمها أن أوراقه وسيقانه حين تتلقى ماء المطر تعمل على وصوله الى الارض في هودة ، فتتنظم بذلك اتسياب الماء فوق سطح الارض ، وتحد من عنفه ، وتطيل من أمده .

ومن ناحية أخرى تعمل الشعيرات الجذرية المتغلغلة في طبقات التربة على الربط بين حبيباتها ، وزيادة تماسكها في وجه السيول ، لهذا السبب نرى الفلاح الاريب قد تعلم أن يفرس صفوفًا من الاشجار على جوانب قنوات الري غير المبطنه ليحمي جوانبها من الانهيار والضياع مع تيسار الماء ، ثم ان نفاذ الجذور في تضاعيف التربة يزيد من مساميتها وقدرتها على تشرب الماء أثناء انهمار المطر ، فتقلل من عتف السيل ، وبعد انتهاء الزخات العنيفة تسيل منها المياه في بطء . وحين ترعى القطعان النبات الطبيعي خاصة على جوانب المتحدرات الوعرة ، فانها تحرم الارض هذا العامل الوقائي ، وتجعلها عرضة للانجراف مع ماء المطر ، حيث تتقلها المسيلات الى الروافد والانهار التي تصبها بدورها في البحار ، وفي كثير من البيئات الفقيرة الكلا تربي الماعز التي تقنع بالقليل ، ولكنها تجور في رعيها على الجذور فتأتي على النبات تماما ، محولة بذلك مساحات واسعة الى قفار جرداء ، تصبح تربتها عرضة للزوال السريع ، وهذه هي احدى المشكلات التي تعاني منها الاراضي الاردنية المستغلة في الرعي ، وهناك اتجاه في الوقت الحاضر نحو الاقلال من تربية هذا الحيوان في بلادنا تجنباً للرعي الجائر .

أما بخصوص استخدام الارض في الزراعة فقد نشأت عن ذلك مشاكل متشعبة ، فلكي تستخدم الارض في الزراعة ينبغي أن يزال ما بها من نباتات طبيعية ، لتحل محلها الحاصلات المزروعة ، وفي كثير من الاحيان تترك الارض مكشوفة مدة فيما بين المحاصيل الفصلية ، فاذا ما تعرضت أثناء ذلك لزخات من المطر عانت من الانجراف ، ومن ناحية أخرى يتأثر قطاع التربة وبنائها بعمليات الحرث والتقليب ، فقد يتسبب ذلك في اخراج جزء من الطبقة الوسطى (B) الدقيقة الحبيبات الى السطح ، وبالتالي تسد مسام الحيز السطحي من التربة ، ويصعب تغلغل الماء فيها ، وتحرم بذلك من انتشار العمليات الكيماوية الى ما تحت السطح ، كما يزداد الماء الجاري مع ما لهذا من اثر على ازالة أجزاء من التربة بفضل تماظم المياه المتساية فوق السطح .

الفصل العاشر

النبات الطبيعي

تختلف الحياة النباتية على ظهر الارض من مكان لآخر طبقا لتنوع ظروف البيئة الطبيعية من مناخ وتربة وتضاريس وكائنات عضوية ، ومع هذا ، فأينما تشابهت الخصائص الطبيعية العامة فوق مساحات تقدر بعشرات الآلاف من الكيلومترات المربعة من الارض ، يتشابه لذلك المركب النباتي فوق تلك المساحات المترامية ، بل أكثر من هذا ، فإن الظروف الطبيعية المتجانسة على القارات رغم تباعدها ، تنتج أنواعا متماثلة من الغطاء النباتي ، فالغابات الاستوائية بحوضي الأمازون والكنغو اللذان تفصل بينهما آلاف الكيلو مترات من مياه المحيط الاطلنطي ، نجد أنهما يتشابهان في المظهر العام ، وأصناف النبات الى حد كبير . نفس القول ينسحب أيضا على أراضي السهوب من الحشائش بكل من الارجنتين والولايات المتحدة الامريكية والمجر ، وهي كما ترى أماكن تباعد بينها المسافات .

وتتمثل الضوابط الطبيعية لتوزيع المجموعات النباتية في مجموعة العوامل التالية :

١ - الحرارة والضوء : يتأثر النبات بالحرارة ، فلكل صنف بيئة حرارية أمثل ، يهلك إذا تدنت الحرارة دونها أو إذا ارتفعت فوقها بكثير .

فالنباتات المدارية تهلك على درجات حرارة حول التجمد ، في حين أن الاعشاب القطبية تعيش دون التجمد . غير أن النباتات تتحاييل بوسائل شتى على المفارقات الحرارية في بيئاتها ، فنرى بعضها يسقط أوراقه قبل فصل الحرارة الدنيا ، كالحال في العايات النفضية ، أو يوقف كل مظاهر نموه ، ويروح في نوبة بيات شتوي خلال ذلك الفصل كأحراج البحر المتوسط الدائمة الخضرة ، وبعضها يتم دورة نموه كاملة فيزهر ويشمر ، ويلقي بذوره خلال موسم الدفء، ومن أمثلتها الكثير من الاعشاب الحولية .

أما الضوء ، فيؤثر على النمو النباتي والتكاثر ، فالازهار لا يتم الا في وسط مضنيء ، والنباتات التي تعيش في الظل تتميز بأعضاء خضرية من سيقان وأوراق ، أكثر من الاعضاء الزهرية ، بعكس النباتات التي تمسق الضوء فان أزهارها زاهية متنوعة ، وأوراقها وفروعها أكثر سمكا وأقصر طولاً من نباتات الظل .

٢- الماء : مصدر العصارات النباتية هو ما تحصل عليه النباتات من ماء في بيئتها ، هذه العصارات تتحول الى الاوراق حيث يتم التمثيل الكلورفيللي ، ثم يضيع قسم من العصارة بواسطة النتج ، فأيما توافر الماء ، كان النبات من النوع المريض الاوراق ، الضحل الجذور ، الرهيف السوق ، كالْموز ، على النقيض من ذلك مجموعات نباتية أخرى متأقلمة على ندرة الماء بمناطقها ، وتتعايل على البقاء بضرب جذورها في الاعماق سعياً وراء الماء الجوفي ، أو مد أصولها أفقياً تحت التربة لامتصاص رطوبة أكبر مساحة أرضية ممكنة ، بينما تتميز سوقها بالقصر والقسوة ، وأوراقها بالصغر والسمك ، وتحجب مساهمها طبقة شمعية أو شعرية ، وفي بعض الاحيان تختفي الاوراق كلية وتحل محلها الاشواك ، أو تكون السوق والجذور خزانات للعصارة وقت توافر الماء .

٣- التربة : لئن كانت الحرارة والماء هما العنصران الاساسيان في تحديد أصناف النبات على وجه الارض ، فان التربة عامل معدل لهذا

التصنيف ، فعليها يتوقف سيادة نوع من النبات على غيره داخل المجموعة النباتية الواحدة ، فعلى سبيل المثال تختلف أشجار الغابات المغروطة بأمريكا الشمالية طبقا لنوع التربة ، فالتربات الفقيرة لا تنتج سوى أشجار الصنوبر في الغالب ، وهي تربات رملية قليلة الخصوبة ، أما التريات الغنية فتسودها أنواع جيدة من الصنوبر بالإضافة الى الاشجار ذات الاخشاب الصلبة .

والتربات الرملية المسامية ، المعرضة لتجريب المياه لا تنتج سوى أعشاب جافة حتى بالمناطق الرطبة ، والتربات الملحية على الشواطئ تجب النمو النباتي كلية ، باستثناء الانواع التي تحتمل الملوحة ، وكذلك الحال اذا زادت نسبة الكلور عن ٢-٣ ٪ . بالتربة ، فهذا يؤدي النبات ، ويؤدي الى اختفاء أنواع كثيرة منه .

اصناف النبات :

يصنف الجغرافيون النبات الطبيعي على نطاق عالمي الى أربع مجموعات رئيسية هي الغابات والحشائش والأعشاب الصحراوية والتندرا . وتحتل الغابات المناطق الرطبة في المعتاد ، أما الحشائش فتشغل الاراضي شبيهة الرطبة وشبه الجافة ، بينما تنتشر الأعشاب والشجيرات بالمناطق الصحراوية الجافة ، والتندرا بالمناطق التي يقصر فيها فصل الصيف ويكون من البرودة بدرجة تحول دون أي نمو سوى النباتات الفطرية وبعض الحشائش والازهار .

الغابات :

على الرغم من أن الشجرة هي العنصر الاساسي في هذه المجموعة النباتية ، لكن الى جوارها توجد الشجيرات والحشائش والنباتات الطفيلية وخاصة اذا تباعدت أشجار الغابة وانتشرت ، مخلقة فجوات كبيرة تسمح بهذا النمو الثانوي ، مما يجعل الباحث في حيرة هل يصنف مثل هذه الجهات

ضمن الغابات أم الحشائش والشجيرات ، وتتخلص العوامل المحددة لنمو الغابات فيما يأتي :

أ - درجات الحرارة الدنيا هي الضابط المحدد لنمو الاشجار بالمروض العليا والمناطق المرتفعة ، فتكون الانسجة الخشبية وبراعم الاشجار يتطلب وقتا طويلا ، أي موسم نمو يدوم بضعة أشهر لا تنخفض الحرارة أثناءه دون عشر درجات مئوية ، ومن ثم كان خط الحرارة المتساوي عشر درجات مئوية لأدفاً الشهور هو الحد الأقصى لنمو الغابات بالمناطق الباردة تجاه القطبين .

ب - رطوبة النطاق السفلي من التربة على مدار السنة أمر حيوي لنمو الشجرة ، ومن ثم كانت المناطق التي يتفاوت فيها المطر من فصل لآخر أو من عام لآخر تفاوتاً واسعاً غير ملائمة لنمو الغابات ، حيث تنضب في هذه المناطق رطوبة الطبقات العميقة من التربة خلال مواسم الجفاف ، وهي الطبقات المستعملة على الجذور الطويلة للشجرة . فإذا ما جمعنا هذا العامل مع العامل السابق ، لوجدنا أن الجهات التي يتوقع فيها فصل الحرارة العظمى مع موسم الامطار الغزيرة ، هي أصلح البقاع لانتشار الغابات .

ج - الرياح عنصر هام في تحديد النمو الشجري ، فإذا ما اقترن هبائها بتدني درجات الحرارة كثيراً ، يسبب هذا الضرر البالغ للشجرة ، وذلك لازدياد سرعة النتح ، مع تجمد مياه التربة وتوقف تكون المصارات لتمويض الفاقد بالنتح .

بناءً على هذه العوامل يتحدد نطاق الغابات في المروض العليا بغطى الحرارة المتساوي ١٠ مئوية لأدفاً الشهور تجاه القطبين ، فيما ورام هذا الخط تحل التندرا محل الاشجار في المجال القطبي . أما بالمروض الوسطى فتحتل الغابات الجوانب الشرقية والغربية الرطبة من القارات ، بينما تغلو منها الجهات الداخلية المتممة في الكتل اليابسة حيث يسود الجفاف .

وفي العروض المدارية تفره الغابات المطيرة ، ولكنها تتدهور فتتشتت الاشجار بالبعد عن النطاق الاستوائي المطير شمالا وجنوبا ، حيث يتبع المطر نظاما فصليا ، فاذا ما طال موسم الجفاف، حلت الشجيرات والحشائش محل الغابات الكثيفة في نطاق انتقالي مختلط قبل أن تختفي الاشجار كلية ، وتسود حشائش السافانا .

اصناف الغابات :

١ - غابات العروض الدنيا : وتشتمل على فئتين هما الغابات المدارية المطيرة ، والغابات المدارية الخفيفة (شكل ٧٨) .

١ - الغابات المدارية المطيرة : وهي أكثف الغابات قاطبة ، وهي من خصائص الاراضي المنخفضة والمنحدرات الدنيا بالمناطق المدارية المطيرة على مدار شهور السنة ، وخير أمثلة على ذلك حوض الامزون بأمريكا الجنوبية ، ووسط غرب أفريقيا ، فضلا عن بعض جهات ساحلية وجزر استوائية متفرقة . وأهم مشخصات هذه الغابات تنوع الفصائل النباتية بشكل لا نظير له ، ففي الغدان الواحد منها لا يوجد أقل من خمسة عشر نوعا من الاشجار ، وتبلغ الاربعين في كثير من الاحيان ، وهذا يعكس غايات العروض الوسطى ، التي تتميز بالتجانس وسيادة نوع واحد من الاشجار مساحات كبيرة ، لا ينمو فيها سواه .

بالاضافة الى ذلك ، تتمتع الغابة المدارية بمظهر طبقي فريد ، فلكل فصيلة من الفصائل النباتية العديدة ارتفاع محدد ، ومن ثم تتوالى التيجان النباتية في عدد كبير من الطبقات ، تشكل أدناها النباتات المحبة للظل ، وأعلىها الاشجار التي تتطلب قدرا كبيرا من ضوء الشمس . كذلك يعظم عدد الانواع المتسلقة والطفيلية، وتظهر تلك الانواع كأحبال ضخمة ترتبط في شبكة معقدة أغصان الاشجار المتراصة .

ويتعدد المظهر الخارجي لهذه الغابات رغم اتفاقه من حيث الكثافة الشديدة ، فالى جوار الالوان الخضراء الزاهية ، هناك البزاعم الناشئة

بالوانها القانية التي تشبه أوراق الخريف في غابات العروض الوسطى ،
والاوراق في المعتاد عريضة جلدية المظهر . أما خط الافق فوق الغابة فانه
دائما شديد التمرج ، تملوه ذرى تيجان شاهقة ، بينها فجوات خفيفة .
والغابة بعد ذلك دائمة الغضرة حيث لا توجد فترات بيات محددة تتخلص
فيها أشجار الغابة من أوراقها ، فيينما تكون فصيلة ما في حالة اوراق تام ،
نجد أخرى تسقط أوراقها ، بينما فصيلة ثالثة في حالة ازهار ، وهكذا .
وأهم أشجار هذه الغابات الموجني والابنوس والارز الاستوائي والساج
أو التكة والصندل وخشب الورد والخيزران .

أما المظهر الداخلي للغابة ، فتسوده قوائم من جذوع تكاد تغلو من
الاضهان حتى قرب تيجانها التي لا يتمدى ارتفاعها الخمسين مترا الا في
أحوال نادرة ، ولعام الاشجار رقيق ناعم ، ونتيجة لطبقات التيجان الكثيفة
المتعاقبة ، تسود الظلمة أرض الغابة ، وتلتف النباتات المتسلقة والطفيلية
حول الاشجار التي تعولها حتى تكاد تزهقها ، ونتيجة للظلمة فان النمو
النباتي تحت الاشجار قليل ، لا يمدو بعض حشائش أو أعشاب
لا تعوق الحركة في أي اتجاه . ومن ثم تقتصر الادغال المتكاثفة على الفجوات
الطبيعية كالسواحل وشواطئ الانهار والمنحدرات الوعرة ، أو المناطق
التي أخلاها الانسان من أشجارها للزراعة ، ثم هجرها .

يحجب النظام النباتي للغابة الحياة الحيوانية رغم توافرها وتنوعها ،
فعلى تيجان الاشجار تظهر أنواع من الطيور المختلفة والقردة ، حيث
تتوافر لها مصادر غذائية من الثمار الطبيعية ، أما على أرضية الغابة ،
فان الحيوانات الكبيرة نادرة ، باستثناء وحيد القرن في غابات أفريقيا ،
خاصة على شواطئ الانهار ، أما الفيلة والزوارف فانها لا تخترق مسن
الغابة الا حواشيها الخارجية . في حين تتكاثر بداخلها الزواحف
والبرمائيات ، وتكثر الحشرات بشكل مذهل ، ويسمع طنينها يعم سكون
الغابة في كل مكان ، والنمل القارض من أكثر الحشرات انتشارا ، وأعظمها

تدميرا ، هو وديدان الاخشاب ، وبسبب كثرة الحشرات خاصة الذباب
والبعوض ، تنتشر امراض النوم والملاريا والحمى الصفراء .

ب- الغابات المدارية الغفيفة : بالابتعاد عن النطاق المطر. طول العام ،
يبدأ ظهور فصل جفاف ، يطول بالابتعاد شمالا وجنوبا عن العروض
الاستوائية ، فتحل محل الاشجار الدائمة الخضرة أنواع نفضية وشبه
نفضية من أشجار أقل كثافة ، تختلط نحو الهوامش بالشجيرات الشوكية
وأعشاب السافانا . التي تنتهي بدورها الى النطاق الجاف . والاشجار في
هذه الغابات أصغر حجما وأكثر تباعدا ، ومن ثم تنمو تحتها نباتات
متكاثفة من الحشائش والشجيرات ، وتسقط معظم الاشجار أوراقها في
موسم الجفاف ، وهذا تقيض الغاية المطيرة ، ويبدو المظهر العام للغابة
كحديقة تتكاثر خمائلها في بعض المواضع ، وتتناثر أشجارها بين
الحشائش والشجيرات الشوكية في مواضع أخرى مفتوحة .

وبالنسبة لاستغلال الانسان للغابات المدارية بقتيتها ، فانها على
الرغم من كونها نصف مساحة الغابات حول العالم في الوقت الحاضر ، فهي
لا تحول سوى أعداد محدودة من البشر ، تدمرهم بالحاجات الضرورية
للحياة رغم غناها النباتي ، ولا يدخل في التجارة الدولية من أخشابها سوى
قدر محدود للغاية ، ومع هذا تبقى الغابة المدارية المطيرة أكبر احتياطي
للاخشاب في العالم ، ولكن تحول دون استغلالها على الوجه المطلوب عقبات
عديدة، منها قلة الايدي العاملة ، وعدم توافر الظروف الصحية، والحاجة
الى تقنية ناجعة لقطع أخشابها .

٢ - غابات العروض الوسطى :

١ - أحراج البحر المتوسط : من الانواع النباتية القليلة الانتاج أشجار
وشجيرات دائمة الخضرة بأقاليم البحر المتوسط ، ذات الرطوبة الشتوية ،
والجفاف الصيفي الطويل ، لهذا تحتمي الاشجار باسقاط بعض أوراقها
خلال الصيف رغم أنها أنواع دائمة الخضرة . وتتألف من خليط من الاشجار

القرمية ، اذ أن الأشجار الباسقة ظاهرة نادرة هنا ، بالإضافة الى الشجيرات والاعشاب * وجذوع الاشجار دائما غليظة ممتلئة ، يحفظها لحاء سميك مشقق ، من أشهر أنواعه البلوط الفليني ، وكذلك الاوراق مصممة لاهراض الاحتفاظ بالرطوبة بالاقتصاد في النتج ، فهي لذلك صغيرة شمعية الملمس ، من أمثلتها أشجار الزيتون *

وكثيرا ما تسود الشجيرات فوق مساحات واسعة ، وبكثافات كبيرة ، كالحال في ولاية كاليفورنيا الامريكية حيث يعرف هذا الغطاء النباتي باسم الشيرال chaparral وفي حوض البحر المتوسط حيث يعرف بالماكي maqui ، مثل هذه الشجيرات عديمة القيمة من الناحية الاقتصادية ، وترجع أهميتها الى حماية ما تحتها من الانجراف بفعل المياه الجارية . بالإضافة الى هذه الجهات ، توجد نباتات البحر المتوسط في القسم الاوسط من تشيلي وجنوب استراليا ومنطقة الرأس في جنوب افريقيا .

ب - الغابات العريضة الاوراق : وتوجد في العروض الوسطى الرطبة ، التي تشتهر أيضا بأنواع صنوبرية ابرية ترى مختلطة معها في كثير من الحالات ، الا أن هذه الانواع المخروطية تسود أكثر تجاه العروض العليا الباردة تجاه داخل القارات ، وكذلك بالجهات الاقل رطوبة أو الافقر تربة خاصة الانواع الرملية منها ، أو على المنحدرات الجبلية الوعرة ذات التربة الحصىة الحجرية الرقيقة ، والحرارة المتدنية ، فهنا تسود الاشجار الابرية على الاشجار العريضة الاوراق .

وتتنوع الغابة العريضة الاوراق في الجهات المعتدلة من حيث تركيبها النباتي تنوعا كبيرا ، كما تختلف الشجرة الغالبة من اقليم لآخر ، ففي الجهات المتطرفة الموقع تجاه القطبين تنتشر بينها المخروطيات بشكل يدعو بعض الباحثين الى تسميتها بالغابات المختلطة بدلا من الغابات العريضة الاوراق . ويمكن التمييز بين نوعين من الغابات العريضة الاوراق ، الاول يشغل الحواشي الخارجية تجاه العروض العليا وتسوده أشجار

البتولا birch والزان beech والاسفندان maple التي تختلط بأنواع ابرية أخرى مثل الشيكرا hemlock وغيره من الصنوبريات ذات الاخشاب اللينة. أما النوع الثاني من الغابات المريضة الاوراق فيوجد تجاه العروض الوسطى ، وتسوده أشجار الفلين oak والقسطل chestnut والجوز الأمريكي hickory والهور poplar .

وتتوزع هذه الغابات بشرق الولايات المتحدة واليابان وكوريا وجنوب شرق الصين، وأواسط روسيا وجنوب غرب سيبيريا ورومانيا وغرب أوروبا وجنوب تشيلي وجنوب شرق استراليا ونيوزيلند، ونظرا للامعة العروض التي تنتشر بها الغابات المريضة الاوراق والمختلطة لاغراض الزراعة وال عمران ، فقد أزيلت مساحات واسعة منها في كافة الاقطار ، فلم يتخلف عنها سوى بقايا محدودة بالبقاع الوعرة التي لا تصلح للزراعة .

معظم أشجار الغابة المريضة الاوراق من الانواع النفضية التي تتخلص من أوراقها في الشتاء ، أما في فصل النمو فتكتسي الاشجار ثوبا أخضر يانعا متجانسا ، كما تكتسي جذوعها بلحاء سميك يقيها النتح في فصل الجفاف ، أما الاوراق فرفيقة لا تلجأ لاية وسائل للاقتصاد في النتح حيث أنها تختفي في موسم البيات الشتوي . أما على الحواشي شبه المدارية الرطبة على مدار السنة ، أو حيث يقصر موسم الجفاف ، تنتشر الاشجار دائمة الخضرة، وأهم مناطقها جنوب اليابان وجنوب شرق الصين وأستراليا ونيوزيلند ، وتقترب هذه الغابات في مظهرها من الغابات المدارية حيث تسود الكثافة العالية والخضرة الدائمة والادغال التحتية بما فيها النباتات المتسلقة أما أنواع الاشجار فمظيمة التنوع ، ويسود بينها الفلين والكافور eucalyptus واللبخ acacia خاصة في نصف الكرة الجنوبي .

ج - الغابات المغروطة الابرية الاوراق : وهي من الانواع الدائمة الخضرة رغم أن تساقط الاوراق عملية مستمرة على مدار السنة ، وفي بعض الانواع تعمر الاوراق مددا تتراوح بين خمس سنوات وأكثر قبل أن تذوي وتتساقط ، وتنقسم الغابات الابرية الى نطاقين حسب خط العرض:

١ - الغابات شبه القطبية : تصل هذه الغابات أقصى اتساع لها حول الدائرة القطبية الشمالية بكل من أوراسيا وأمريكا الشمالية ، فهناك تمتد الاشجار في نطاق شرقي وغربي متصل من ساحل المحيط الى ساحل المحيط المقابل ، ويطلق على هذه الغابات اسم التايجا Taiga وتنتهي أشجار الغابة شمالا الى الصحراء الجليدية الوحشة المعروفة باسم التندرا ، وتشكل التايجا في أوراسيا حزاما واحدا يعد من أطول مناطق الغابات على وجه الارض ، وتسوده أشجار اللاريس larch والراتنج spruce والشربين (fir) والصنوبر ، مع كثير من الانواع المريضة الاوراق كالهور الرومي alder والصفصاف willow والبتولا ولسان المصفور (ash) ، التي تشاهد اما متناثرة بين الانواع الابرية ، أو في أكمام خالصة منها خاصة في مناطق الفياض والمستنقعات .

تريات التايجا من الناحية الواقعية جافة معظم أيام السنة ، فالتجمد يحول دون وجود المياه في حالة سائلة الا خلال موسم الصيف الذي يتراوح بين ثلاثة أشهر وخمسة ، وحتى في فصل الصيف تتعطل عملية الامتصاص نظرا للبرودة التي تظل كامنة بالتربة ، فضلا عن حموضتها الشديدة ، وفي المناطق المتطرفة تحول برودة الطقس دون نمو الاشجار بأحجام كبيرة ، وتتحول المستنقعات الى بيئة للطفيليات ، التي تكثر أيضا في ظل أشجار الغابة . ولا تشكل أوراق الاشجار المتساقطة سوى مصدر فقير للديال وهو المادة العضوية المتحللة التي تخصب التربة .

أما الحياة الحيوانية فمتنوعة ، ومن ثم فالصيد حرفة رئيسية ، وما زالت غابات التايجا في الاتحاد السوفييتي معقلا للحيوانات ذات الفراء كالذب والثلجب والذئب والستجاب وغيرها .

٢ - ابريات العروض الوسطى : الى الجنوب من النطاق السابق يقارتي أوراسيا وأمريكا الشمالية تنتشر أنواع أفضل من الاشجار المخروطية ، الاكبر حجما ، والاكثر قربا لمناطق العمران ، ومن ثم كانت قيمتها اعظم

كمورد للاخشاب ففي غرب أمريكا الشمالية يمتد شريط منها على منحدرات الجبال التي تحف القارة من هذا الجانب في اتجاه شمالي - جنوبي حيث الامطار وفيرة ، مشتملا على سلاسل الجبال الساحلية ومرتفعات روكي من الاسكا حتى الحدود المكسيكية ، وتعد غابات الاسكا وغربي كندا في هذا النطاق أفضل الغابات الصنوبرية في العالم قاطبة ، فالاشجار ضخمة ، والنمو كثيف ، ونوعية الاخشاب جيدة ، وأشهر الاشجار هو نوع الشربين المعروف باسم Douglas fir الذي يبلغ قطر أشجاره المترين ، وارتفاعه سبعون مترا .

الى الشرق من جبال روكي تمتد التايجا الى جنوب شرق كندا والولايات الامريكية المجاورة ، الا أن أفضل أنواع الغابات الصنوبرية هنا قد أزيل منذ زمن طويل ، فحلت محله في كثير من المواضع شجيرات ونباتات عديمة القيمة ، أما في أوروبا فما زالت الشجرة تحتل المنحدرات الجبلية للآلب والكربات وغيرهما من المرتفعات ، بالإضافة الى بعض السهول الساحلية الرملية ، وكذلك الحال في سهول خليج المكسيك وساحل الاطلنطي من الولايات الامريكية الشرقية ، وهي الآن من أهم مصادر الاخشاب للولايات المتحدة .

الحشائش :

١- حشائش السافانا : هي أنواع من الحشائش المدارية الحارة التي تظهر بنصفي الكرة فيما وراء نطاق الغابات المدارية المطيرة والخفيفة ، حيث يطول موسم الجفاف وتعلو درجات الحرارة ، ويعظم التبخر من التربة ، فتصبح الظروف غير مناسبة لنمو الشجرة ، فتحل الحشائش محلها ، وهي على أنواع مختلفة ، فمنها الحشائش الطويلة الفنية التي تتأثر فيها الاشجار ، وتتكاثر أحيانا بشكل يتعذر معه على المشاهد القول عما اذا كانت المنطقة غابات أو حشائش ، وتسمى لذلك بحدائق السافانا ، ومنها ما يختلط بالشجيرات القزمية ، ويتدرج في القمر حتى ينتهي الى النطاق الصحراوي .

ويتراوح ارتفاع الحشائش بمناطق السافانا الافريقية ما بين متر ونصف الى ثلاثة أمتار ، وهذا من الامور غير المعروفة بحشائش السافانا في أمريكا الجنوبية ، حيث لا تبلغ الحشائش في أي مكان المتر الواحد طولا ، وتتناثر حتى لا تغطي أكثر من ٦٠٪ من المساحة الارضية . وتتميز أوراق حشائش السافانا عامة بقسوتها وخشونتها وملمسها الجليدي ، ولذلك فان الحشائش الغضة فقط هي التي يمكن للحيوانات البرية والداجنة رعيها ، ومن ثم فان أهالي تلك الجهات يحرقون الحشائش الذابلة المصفرة في نهاية الموسم كي تفسح المجال أمام نمو غرض سخي في الموسم التالي مع بداية هطول المطر ، أما على ضفاف الانهار التي تخترق تلك الجهات فتتوالد أشجار متكاثفة تعرف بغابات الاروقة *Galeria* .

والسافانا تسمية افريقية ، يناظرها اللانو في حوض الاورينوكو والكيبو في مرتفعات البرازيل بأمريكا الجنوبية ، هذه الحشائش مسرح لنوعين من الحيوانات ، آكلة العشب كالوعول وحمر الوحش والزراف ، وتمتاز بسرعة العدو لتتقي شر الفئة الأخرى ، وهي آكلة اللحوم كالأسد والنمر والفهد وما شاكلها . ومن ناحية أخرى ، فان مناطق الحشائش المدارية أكثر ازدحاما بالبشر من مناطق الغابات المدارية المطيرة المجاورة ، حيث يمكن بالسافانا رمي الماشية ، وممارسة النشاط الزراعي لاقتاج المحاصيل الغذائية والتجارية .

ب - حشائش العروض الوسطى : تنمو هذه الحشائش بالجهات شبه الجافة من الاجزاء الداخلية بمعظم القارات حيث تتراوح كمية الامطار ما بين ٢٥٠ مم و ٦٠٠ مم تسقط في أواخر الربيع والخريف ، وتدعى الاستبس في آسيا ، والفلكل في جنوب أفريقيا ، والبراري بوسط أمريكا الشمالية ، والبمبا في أمريكا الجنوبية . ويتألف الغطاء النباتي من الحشائش والأعشاب التي يختلف مظهرها باختلاف الفصول ، ففي الربيع يكسو سطح الارض بساط أخضر تكثر به الزهور والابصال ، وفي الصيف تصفر النباتات وتيبس ، لتحترق تماما بنهاية ذلك الفصل ، وفي الشتاء تغطي الثلوج

بقايا النبات وتحمي جذوره من قسوة البرد حتى اذا ما أقبل الربيع بمشت من جديد ، وتعمل قلة الامطار وشدة الرياح المنطلقة فوق السهول على استبعاد الشجرة من هذه البيئة .

وضمن هذا الاقليم في قارة أمريكا الشمالية ، كانت حشائش البراري الغنية طويلة ، فكانت تتراوح بين متر ونصف ومترين ونصف ، وأحيانا أطول من ذلك لدرجة أن رعاة البقر الاول لم يكن بمقدورهم رؤية أنعامهم الا اذا وقف الواحد منهم منتصبا على ظهر حصانه . وتشكل مناطق حشائش العروض الوسطى الآن أفضل المراعي العالمية لتربية الماشية والاعناب ، وذلك بدلا من الحيوانات البرية التي كانت تعيش بمئات الآلاف هنا قبل دخول الرجل الابيض ، فالثور الامريكي الشهير كان يؤم أرجاء البراري في أمريكا الشمالية ، ولكنه انقرض أو كاد في الوقت الحاضر ، وكذلك الحال بالنسبة لاقليم الفلد في جنوب افريقيا .

نبات الصحراء والتندرا :

١ - الصحراء : لعل القفر والجذب وندرة النبات هي أولى المعاني التي تتسارع الى الذهن عندما تذكر الصحراء ، ولكن هذا وان صح فان معظم الجهات الصحراوية تتمتع بنوع أو آخر من النبات الذي يوجد في بقاع متفرقة متباعدة ، بل أكثر من هذا قد توجد الاشجار بكثافات غير منتظرة على طول امتداد بطون الاودية الجافة ، أو على ضفاف الانهار الدخيلة ، أو حيثما اقتربت الرطوبة الجوفية من سطح الارض وحول الينابيع . وأشهر الانواع الاصلية أشجار الطرفة والاثل والسنتط والطلح والرمث والنخيل .

غير أن الصحارى أساسا بيئة الشجيرات لا الاشجار ، وهي دائما من أنواع تهيات فسيولوجيا لمقاومة صعاب البيئة من جفاف وملوحة ، فتراها تتباعد لتتمكن أفرادها من تصيد رطوبة أكبر مساحة ممكنة ، ومنها ما هو شوكي عديم الاوراق اقتصادا للنتح ، وان وجدت للبعض أوراق

كانت صغيرة شمعية الملمس ، أو مستقرة تحت طبقة دهنية كالغرقند والمرين ، ومنها ما هو بدين ممتلئ يمتص الرطوبة عند الوقرة ، ويخزنها في سوقه وأوراقه وجذوره كالصبار والتين المشوكي والابصال . كما أن منها ما يبدو ضامرا يابس العود أثناء الجفاف ، ولكنه يخرج عن ضموره ويخضر عقب الامطار كشجيرات الشيح والقيصوم .

هناك أنواع أخرى من النباتات تنمو فصليا عقب زخات المطر العشوائي ، فتنبت وتزهر وتثمر وتلقي بذورها خلال أسابيع الرطوبة القليلة ، وهي عادة رهيقة السوق والاوراق ، وجذورها رفيعة ضحلة ، وأزهارها كبيرة نسبيا ، وأيضا ظهرت هذه النباتات في بقاع متفرقة من الصحراء غدت مرعى سخيا للحيوانات ، ولكنه مرعى قصير الاجل ، من بين هذه الحيوانات تذكر الطيما والارانب والضباب والافامي والجردان والذئاب .

ب - التندرا : وهي عبارة عن صحارى الجليد المقفرة ، وتمتد على سواحل المحيط القطبي الشمالي ، وتشمل شمال كندا والاسكا بأمريكا الشمالية ، وشمال اسكنديناوة وشمال روسيا بأوروبا ، وشمال سيبيريا بآسيا ، وهي مناطق شديدة البرودة على مدار السنة ، ويسقط عليها قليل من المطر على شكل ثلوج حتى في الصيف ، وتغطي الثلوج الارض أكثر من ثلثي السنة ، فاذا حل الصيف ذابت الثلوج من على سطح الارض ، فتدفا التربة الى عمق قليل ، ولكن يبقى أسفلها متجمدا ، فلا تنمو غير النباتات ذات الجذور القصيرة ، كالأعشاب ومنها الطحالب والاشنة ، والنباتات ذات الأزهار الجميلة المختلفة الالوان .

ويتخلل هذه المساحات العشبية عند مجاري الانهار شجيرات قصيرة لا يتجاوز طولها المتر الواحد ، وتحمل ثمارا تشبه التوت البري ، كما أنها تنمو حول البرك والمستنقعات التي تنشأ عن ذوبان الثلوج ، فتأوي اليها كثير من الطيور كالبط والجمع ، وتزدحم التندرا بهذه النباتات في أطرافها

الجنوبية حيث تندمج تدريجيا في نطاق الغابات المخروطية، وفي الاطراف الشمالية تتحول التندرا الى مساحات من الثلج الدائم ، والجذب الحقيقي .

والتندرا غنية بالحياة الحيوانية في الصيف حين تنمو الاعشاب ، فتسرح قطعان الرنة ورام الكلا في شمال سيبيريا وأوروبا ، وشبيه بها حيوان الكاريبو في شمال كندا وآلاسكا ، كما توجد الديبة والثعالب والقنادس ، والطيور ذات الريش الثمين والبيغاوات القطبية ، وبيضها مصدر غذائي هام لدى سكان تلك الاصقاع . كذلك تكثر الحشرات ، خاصة البعوض الذي تنتشر أسرابه بشكل مروع حول الفياض والمناطق ، مما يضطر السكان للهجرة الى الروابي فرارا من مضايقاته ولذعاته .

مصادر عربية وأجنبية

- إبراهيم أحمد زؤمانه وآخرون : أسس الجغرافيا الطبيعية • القاهرة
- محمد الحكيم : تمهيد في علم الجغرافيا • دمشق ، ١٩٥٨
- محمد صفى الدين : قشرة الأرض • القاهرة ١٩٥٧
- محمد متولي : وجه الأرض • القاهرة ، ١٩٥٥

- Holmes, A., Principles of Physical Geology. London, 1965.
- Finch, V. C., et al, Physical Elements of Geopaphy. New York, 1957.
- Kendall, H., et al, Introduction to Geography. New York, 1962.
- King, C. A. M., An Introduction to Oceanography. New York, 1963.
- Monkhousc, F. J., Principles of Physical Geography. London, 1965.
- Strahier, A. N., Physical Geography. New York, 1960.
- Van Riper, J. E., Man's Physical World. New York, 1962.

المحتويات

الصفحة

٥

مقدمة

الفصل الاول

٧	الارض وعلاقتها بالمجموعة الشمسية
٩	الملاح الرئيسية لكوكب الارض
١٠	الشمس
١١	الكواكب
١١	قوة الجاذبية
١١	قوة الطرد المركزية
١٢	بعض الحقائق عن الكواكب
١٦	نشأة الارض

الفصل الثاني

١٨	شكل الارض وأبعادها
٢٢	الدوائر المظلمة والدوائر المضيئة
٢٤	خطوط الطول ودوائر العرض
٢٩	خط التاريخ الدولي

الفصل الثالث.

٣٧	طبيعة باطن الارض وقشرتها
٣٧	التركيب الداخلي للكرة الاضية
٤٢	قشرة الارض
٤٣	توازن قشرة الارض

الفصل الرابع

٥٠	توزيع اليابس والماء
----	---------------------

الفصل الخامس

٦١	عوامل تشكيل سطح الارض
٦٢	أولا : العوامل الباطنية
٦٣	الحركات البطيئة
٦٤	نشأة الاراضي الجبلية
٦٧	بنية الصخور المشوهة
٨٢	الحركات السريعة
٨٢	الزلازل
٩٠	النشاط البركاني
٩٧	ثانيا : العوامل الظاهرية
٩٨	التجوية
١١٠	المياه الجارية
١٢١	الجليد
١٢٩	الرياح
١٣٢	الامواج

الفصل السادس

الانماط التضريبية الكبرى

١٣٦	أولا : السهول
١٣٧	ثانيا : الاراضي الجبلية
١٤٧	ثالثا : الهضاب
١٥٤	رابعا : التلال

الفصل السابع

الغلاف المائي

١٦٨	البحار والمحيطات
١٦٨	طبيعة ماء البحر
١٧٠	دورة المياه بالمحيطات
١٧٢	التيارات المائية بالمحيطات
١٧٣	الجليد على الغلاف المائي
١٨٠	الامواج
١٨٣	المياه القارية
١٩٠	البحيرات
١٩١	الانهار
١٩٦	المياه الباطنية
١٩٩	استخدام الماء

الفصل الثامن

المناخ

٢٠٤	الغلاف الهوائي
٢٠٥	

الصفحة

٢٠٧

الحرارة

٢٢٢

الضغط الجوي

٢٢٨

الرياح

٢٤٣

الرطوبة الجوية والتساقط

٢٦٢

الأماسير وكتل الهواء وجبهات الطقس

الفصل التاسع

٢٧٧

التربة

٢٧٧

مقطع التربة

٢٧٩

الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة

٢٨٧

تصنيف التربة

٢٩٥

أثر الإنسان على التربة

الفصل العاشر

٢٩٧

النبات الطبيعي

٣٠٢

أصناف الغابات

٣٠٩

الحشائش

٣١١

نبات الصحراء والتندرا

٣١٥

مصادر مربية وأجنبية

٣١٧

المحتويات

رأيك يهمنا!

الرجاء ملء البيانات بعد قراءة الكتاب

- موضوع الكتاب: ☐ هام جداً ☐ هام ☐ غير هام
- الأفكار: ☐ قيمة ☐ مقبولة ☐ غير مقبولة
- الأسلوب: ☐ واضح ☐ مقبول ☐ غير مقبول
- الإخراج الفني: ☐ ممتاز ☐ مقبول ☐ غير مقبول
- الطباعة: ☐ جيدة ☐ مقبولة ☐ غير مقبولة
- ملاحظات الكتاب: ☐ جيدة ☐ مقبولة ☐ غير مقبولة
- إصدارات الغارز: ☐ هامة ☐ مقبولة ☐ غير مقبولة
- ملاحظاتك لها: ☐ دائماً ☐ أحياناً ☐ نادراً

اقتراحات:

.....

.....

.....

بنك القارئ النهم

عزيزي القارئ.. اصلاً بيانات هذه
البيانات وأرسلها إلى عنوان دار الفكر
لنقيم تسجيلها في حسابك الخاص في
بنك القارئ النهم، حيث يكون
بانكناك الحصول على نسخ مجانية
من مطبوعاتنا تناسب طردياً مع
القبائل على قراءة مطبوعات دار الفكر

البيانات الدقيقة

تساعدنا على خدمتك بالشكل الأمثل

الاسم الثلاثي:

تاريخ ومكان الولادة:

المهنة: الموطن العلمي:

الاهتمامات الفكرية والثقافية:

☐ علمية ☐ دينية ☐ أدبية ☐ تاريخية ☐

العنوان: الدولة: المدينة:

ص.ب: الهاتف:

الفاكس: E-Mail:

هل ترسب في الحصول على النشرات الإعلانية
بشكل دائم؟ ☐ نعم ☐ لا



بنك القاري النعم

١٣٩٠٥٠

دار الفجر

الطباعة والنشر والتوزيع

سورية - دمشق - ص.ب. ٩٦٢

فاكس: ٢٢٣٩٧١٦ هاتف: ٢٢١١١٦٦ ٢٢٣٩٧١٧



Dar al Fikr
Damascus-Syria



Dār al Fikr al Mu'āsir
Beirut - Lebanon

نسخة أصلية

مكتبة دار الفكر

مبادئ

الجغرافيا الطبيعية

Rules of Natural Geography Mabādi' al-Jughrāfiyah al-Ṭabī'iyyah

By: Dr. Ṣalāḥ al-Dīn Bahīrī

تقوم مادة (الجغرافيا الطبيعية) على شرح الحقائق العلمية، مما يستدعي بذل المزيد من الجهد في استيعاب تفصيلاتها، لذلك كان لابد من أن تكتب بأسلوب سهل مشوق، مع إغناء المواضيع بأشكال توضيحية تعين على فهم المحتوى. وسعياً من الدكتور المؤلف على تقديم كتاب عن (الجغرافيا الطبيعية) بحجم مقبول، تناول:

الأرض وعلاقتها بالمجموعة الشمسية، وشكل الأرض وأبعادها، وطبيعة باطن الأرض وقشرتها، وعوامل تشكيل سطح الأرض، والأحاطة التفسيرية الكبرى، والغلاف المائي، وتوزيع اليابس والماء، والنبات الطبيعي.

وتناول عناصر الطقس والمناخ دون معالجة التصنيفات المناخية المختلفة، وما يتمخض عنه كل تصنيف من تقسيم للعالم إلى أقاليم مناخية خاصة، كذلك الحال بالنسبة لموضوع التربة والنبات، فقد اكتفى في معالجتهما بذكر شيء عن العموميات الشاملة.

(مبادئ الجغرافيا الطبيعية) كتاب غني بالمعلومات والأشكال التوضيحية، ولكن بحجم مقبول، وأسلوب واضح جذاب.

<http://www.Fikr.com/>
E-Mail: Info@Fikr.com

ISBN 1-57547-323-2



9 781575 473239